

OCENA NOWEJ KONSTRUKCJI WENTYLACJI KOMÓR ROZPRĘŻNYCH Z WYCIĄGIEM HYDRAULICZNYM GAZÓW KANAŁOWYCH PO BADANIACH MODELOWYCH

Jan KLUGIEWICZ, Iwona KLUGIEWICZ

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Katedra Inżynierii Sanitarnej i Wodnej

Słowa kluczowe: gazy kanałowe, hydrauliczny wyciąg gazów, komora rozprężna, odory, uciążliwości zapachowe

Streszczenie

Ustalono genezę uciążliwości zapachowych (odorów) pojawiających się w sąsiedztwie komór rozprężnych, położonych w kanalizacji mieszanej między rurociągiem tłocznym a kanałem grawitacyjnym.

Dotychczasowe sposoby walki z odorami są mało skuteczne, a ponadto znacznie zwiększają nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacyjne systemów do transportu ścieków. W artykule przedstawiono nową konstrukcję wentylacji komór rozprężnych, opracowaną przez autorów, która ma hydrauliczny (a więc antywybuchowy) wyciąg gazów.

Pomiary hydrauliczne na modelu zbudowanym w skali 1:4 potwierdziły hipotezy twórców i umożliwiły ustalenie optymalnych parametrów tego wyciągu. Stwierdzono, że działa on samoczynnie (bez zużywania energii elektrycznej), wykorzystując energię kinetyczną i potencjalną strumienia ścieków na drodze przepływu z komory rozprężnej do wlotu do kanału grawitacyjnego.

WSTĘP

Z analizy czynników ekonomicznych i sanitarnych wynika, że hydrauliczny transport małych ilości ścieków za pomocą rurociągów ciśnieniowych i pompowni

połączonych szeregowo jest zasadny. Dotyczy to ścieków pochodzących z miejscowości podmiejskich i peryferyjnych obszarów miast. Ścieki są tłoczone do studni rozprężnych zakładanych na kanałach na skraju miast, a następnie grawitacyjnie doprowadzane do oczyszczalni miejskich. Takie rozwiązanie można byłoby uznać za optymalne, gdyby nie uciążliwości zapachowe (odory), pojawiające się okresowo w sąsiedztwie studni rozprężnych, zlokalizowanych między rurociągiem ciśnieniowym a kanałem grawitacyjnym kanalizacji miejskiej.

Dotychczasowe sposoby walki z odorami polegają na:

- stosowaniu wkładów biofiltrów we włazach studni rozprężnych,
- czyszczeniu rury ciśnieniowej pakułami lub kulkami ceramicznymi,
- napowietrzaniu ścieków za pomocą stacji kompresorów z urządzeniami sterującymi,
- dozowaniu do ścieków substancji przeciwdziałających ich zagniwaniu, np. Ferroxiu [UBERNA, 2009] lub Nutrioxu [SUCHAŃSKI, WONS, 2008].

Poważną wadą wymienionych sposobów walki jest niewielka skuteczność i istotne zwiększenie nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych, które są zrzucone na użytkowników.

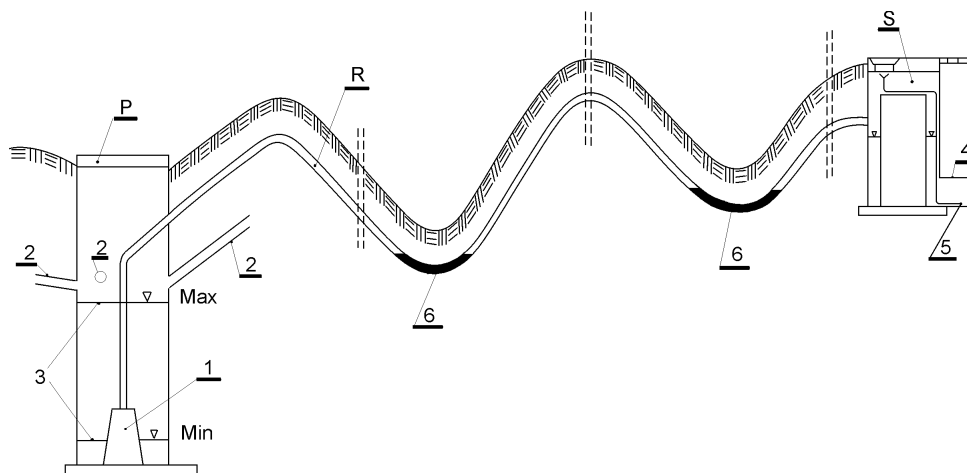
W 2002 r. Komunalne Przedsiębiorstwo Wodociągowo-Kanalizacyjne w Nakle nad Notecią zleciło autorom opracowanie dwóch ekspertyz, dotyczących przyczyn pojawiania się przykrych zapachów w okolicy studzienek rozprężnych na ulicy Norwida oraz na ulicy Wzgórze Wodociągowe w Nakle, wraz z podaniem sposobu usunięcia występującego zjawiska. W związku z tym zleceniem autorzy przeprowadzali wizje lokalne tych i innych systemów. Analizowali profile podłużne tras rurociągów tłocznych i prowadzili obserwacje pracy pompowni oraz wypływu ścieków z rurociągu do komór rozprężnych studni.

METODY BADAŃ

Ustalono schemat (model) funkcjonowania nadciśnieniowo-grawitacyjnego transportu ścieków z wyciągiem hydraulicznym wentylacji komory rozprężnej [KLUGIEWICZ, KLUGIEWICZ, 2005b].

Na początku takiego modelu transportu ścieków z podmiejskich miejscowości (rys. 1) znajduje się jedna lub kilka mniejszych pompowni. Do ich komór wyrównawczych dopływają przykanalikami ścieki z budynków. Ustalone są ekstremalne stany zwierciadła ścieków. Stan maksymalny powinien być położony ok. 0,1 m poniżej wylotów przykanalików, a stan minimalny – na rzędnej, zapewniającej wymagane zalanie zastosowanych pomp.

Objętość wyrównawcza komory ściekowej pompowni jest iloczynem pola powierzchni jej przekroju poziomego i różnicy między ekstremalnymi stanami ścieków.



Rys. 1. Schemat nadciśnieniowego transportu ścieków z miejscowości podmiejskiej za pomocą pompowni i rurociągu tłocznego do komory rozprężnej w studni kanalizacyjnej na grawitacyjnym kanale [KLUGIEWICZ, KLUGIEWICZ, 2005b]; *P* – pompownia ścieków, *R* – rurociąg tłoczny, *S* – studnia z komorą rozprężną, *1* – zespół pompy, *2* – przykanaliki, *3* – maksymalny i minimalny poziom ścieków, *4* – grawitacyjny kanał kanalizacyjny, *5* – dodatkowa rura wyciągu wentylacyjnego, *6* – osady ściekowe w obniżeniach rurociągu *R*

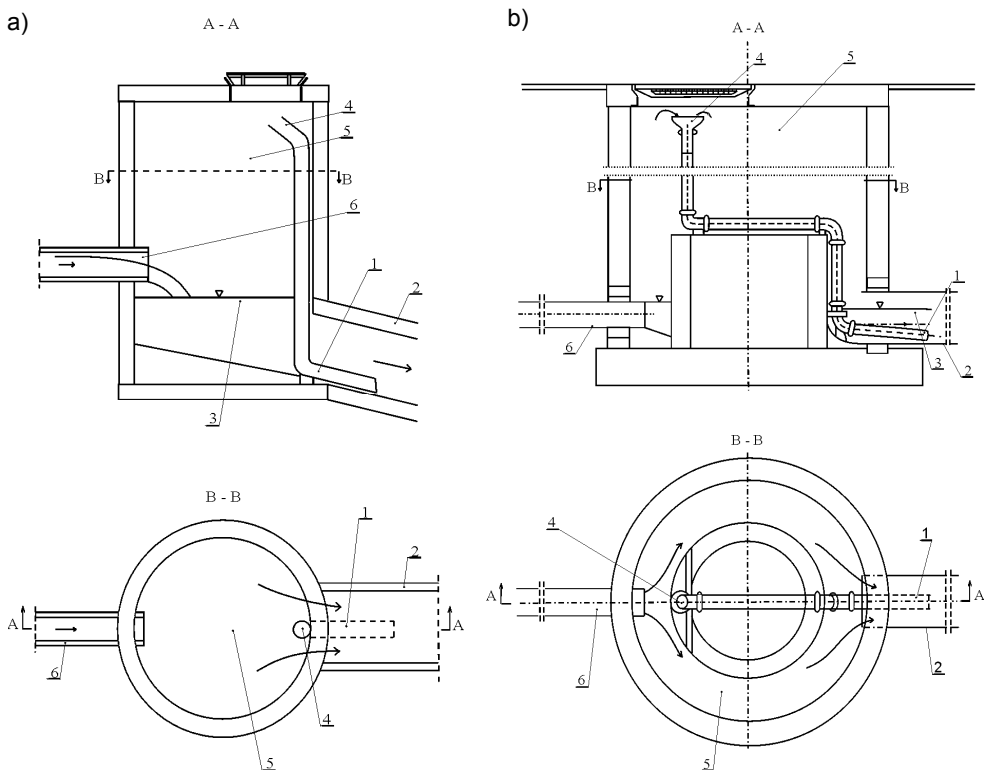
Fig. 1. A diagramme of the hypertensive transport of sewage from the suburbs with the pumping station and pressure pipeline to the expansible chamber in the sewer well of the gravitational channel [KLUGIEWICZ, KLUGIEWICZ, 2005b]; *P* – sewage pumping station, *R* – pressure pipeline, *S* – well with expansible chamber, *1* – pump unit, *2* – outflow pipe from the building, *3* – sewage table, *4* – gravitational sewer channel, *5* – additional pipe of ventilation exhaust, *6* – sewage sludge in a pipeline lowering

Włączenie pomp do pracy następuje przy maksymalnym stanie ścieków, a wyłączenie – przy stanie minimalnym. Aby całkowicie wypełnić rurociąg tłoczny – od pompowni do komory rozprężnej studni – potrzeba niekiedy kilku cykli pompowania i napełniania komory wyrównawczej ściekami, dopływającymi przykanalikami z różną intensywnością w każdej porze doby.

Czas przepływu ścieków przykanalikami i czas stagnacji w komorze ściekowej pompowni i w rurociągu sumuje się, co sprzyja sedymentacji osadów i ich zagniwaniu, zwłaszcza w obniżeniach (rys. 1), gdzie odbywa się najintensywniejszy rozkład beztlenowy materii organicznej zawartej w osadach.

W celu wyjaśnienia przyczyn i ustalenia momentu wydobywania się odorów [KLUGIEWICZ, KLUGIEWICZ, 2005a, b], obserwowano wypływ ścieków z rurociągu, zwłaszcza z jego obniżeń, do studni komory rozprężnej. Te obserwacje odnieszono do pracy pompowni i rozmieszczenia obniżeń na rurociągu. Stwierdzono, że na początku wypływają ścieki sklarowane, bez zapachu, pochodzące z wyniesień rurociągu, a później – ścieki z jego obniżeń, nieprzezroczyste, koloru czarnego, o mazistej konsystencji i zapachu siarkowodoru. Po pewnym czasie przebieg zjawiska powtarza się, stosownie do rozmieszczenia wyniesień i obniżeń rurociągu.

Napełnienie komory rozprężnej ściekami zależy od typu studni rozprężnej i ukształtowania wlotu ścieków do grawitacyjnego kanału kanalizacji miejskiej. Właśnie to miejsce [KLUGIEWICZ, KLUGIEWICZ, 2005a, b] wytypowano do umieszczenia dodatkowej rury, o odpowiednim kształcie, stanowiącej podstawowy element wyciągu hydraulicznego wentylacji studni rozprężnych (rys. 2). Jej dolna końcówka ma kształt łuku z przystawką cylindryczną, którą wprowadzono do wnętrza przewodu odprowadzającego ścieki ze studni pod ich zwierciadło. Podczas przepływu ścieków, opływających dolną końcówkę tworzy się w niej podciśnienie, wywołujące ssanie górną częścią rury wentylacyjnej, umieszczonej w gazowej części komory rozprężnej.



Rys. 2. Sposób wentylacji komory rozprężnej z wyciągiem hydraulicznym: a) I wariant, b) II wariant [KLUGIEWICZ, KLUGIEWICZ, 2005a,b]; 1 – przystawka cylindryczna w dolnej części rury wentylacyjnej, 2 – odpływ ścieków ze studni, 3 – zwierciadło ścieków, 4 – górna część rury wentylacyjnej, 5 – gazowa część komory rozprężnej, 6 – doprowadzenie ścieków do komory rozprężnej

Fig. 2. Way of the ventilation of expansible chamber with hydraulic exhaust: a) 1st variant b) 2nd one [KLUGIEWICZ, KLUGIEWICZ, 2005a,b]; 1 – cylinder attachment in lower part of the ventilation tube, 2 – sewage outflow from the well, 3 – sewage table, 4 – upper part of the ventilation tube, 5 – gaseous part of the expansible chamber, 6 – sewage inlet to the expansible chamber

Z koncepcji autorów [KLUGIEWICZ, KLUGIEWICZ, 2005a, b] wynikało, że włączanie i wyłączenie wyciągu hydraulicznego wentylacji będzie samoczynne, bez użycia energii elektrycznej, a intensywność ssania gazów będzie zależała od natężenia przepływu ścieków i ich spiętrzenia, wywołanego dławieniem strumienia przez rurkę wentylacyjną wprowadzoną do odpływu. Wiedza z zakresu mechaniki płynów i działania pompowni [KLUGIEWICZ, 2007; JANKOWSKI, 1970] pozwalała pozytywnie ocenić pomysł. Skuteczność działania wyciągu potwierdzono też za pomocą płomienia zapalniczki, odkształcającego się pod wpływem ssania wyciągu hydraulicznego (fot. 1).

Fot. 1. Płomień zapalniczki odkształcający się pod wpływem ssania wyciągu hydraulicznego wentylacji [KLUGIEWICZ, KLUGIEWICZ, 2005a, b] (fot. M. Świś)

Photo 1. The shape of the match flame under the suction effect of hydraulic exhaust [KLUGIEWICZ, KLUGIEWICZ, 2005a, b] (photo M. Świś)

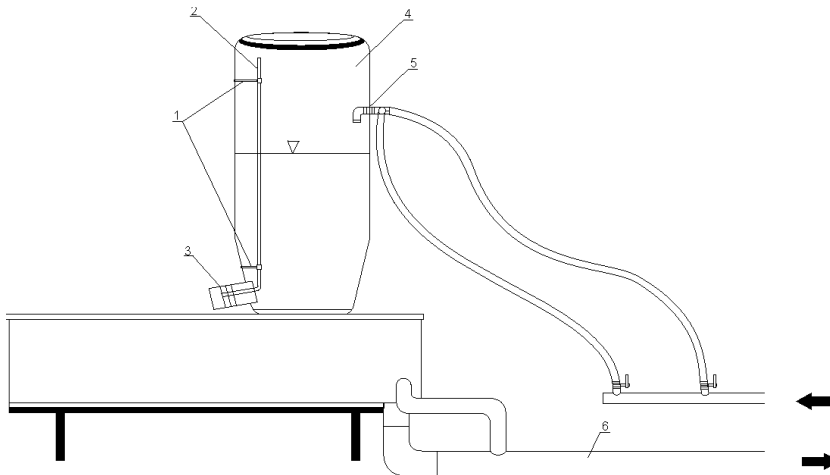


W celu dokładnego wyznaczenia wartości podciśnienia i jego zmian pod wpływem różnych czynników zbudowano model badawczy i przeprowadzono serię pomiarów. W ramach pracy dyplomowej [ŚWIŚ, CIEŚLAK, 2009] z beczki polietylenowej o pojemności 100 dm³ zbudowano model komory rozprężnej w skali 1:4 (rys. 3). W jej ścianach wykonano otwory do hermetycznego przejścia u góry – przewodem tłocznym, a u dołu – króćcem odpływowym, do którego wnętrza wprowadzono końcówkę przewodu wentylacyjnego. Model zainstalowano w laboratorium Katedry Inżynierii Sanitarnej i Wodnej UTP w Bydgoszczy, w którym istnieje zamknięty obieg wody.

W badaniach modelowych stosowano:

- różne natężenia przepływu wody,
- zmienne napełnienia komory rozprężnej wodą,
- różne średnice zewnętrzne przewodu wentylacyjnego,
- różne długości zakrzywionej końcówki przewodu wentylacyjnego, wprowadzonego do króćca odpływowego.

Średnica przewodu wentylacyjnego i długość jego końcówki wpływały na dławienie strumienia w króćcu odpływowym oraz na straty hydrauliczne. Średnice zewnętrzne i grubości ścianek stosowanych rurek wentylacyjnych wynosiły: 18,5 × 0,6; 18,8 × 0,6; 21,9 × 0,7 i 26,4 × 2,4 mm, a długości ich końcówek – 80; 100; 120; 140; 160 i 180 mm. Umożliwiało to przebadanie licznych wariantów w celu uzyskania największego podciśnienia.



Rys. 3. Schemat montażu modelu komory rozprężnej w laboratorium KISiW-UTP w Bydgoszczy [ŚWIŚ, CIEŚLAK, 2009]; 1 – zamocowanie rury wentylacyjnej 2, 3 – króciec odpływu wody ze studni, 4 – komora rozprężna, 5 – hermetyczne doprowadzenie wody do komory, 6 – odpływ wody do obiegu zamkniętego

Fig. 3. A scheme of the model of expansible chamber assemble in KISiW-UTP laboratory in Bydgoszcz [ŚWIŚ, CIEŚLAK, 2009]; 1 – fastening of the ventilation tube 2, 3 – stub pipe of water outflow from the well, 4 – expansible chamber, 5 – airtight water supply to the chamber, 6 – water outflow to a closed water circuit



Fot. 2. Widok użytego w pomiarach mikromanometru ASKANIA model MK-2 (fot. M. Cieślak)

Photo 2. View of the micromanometer ASKANIA model MK-2 used in the measurements (photo M. Cieślak)



Fot. 3. Dolny zbiornik mikromanometru ASKANIA wraz z ostrzem pomiarowym (fot. M. Cieślak)

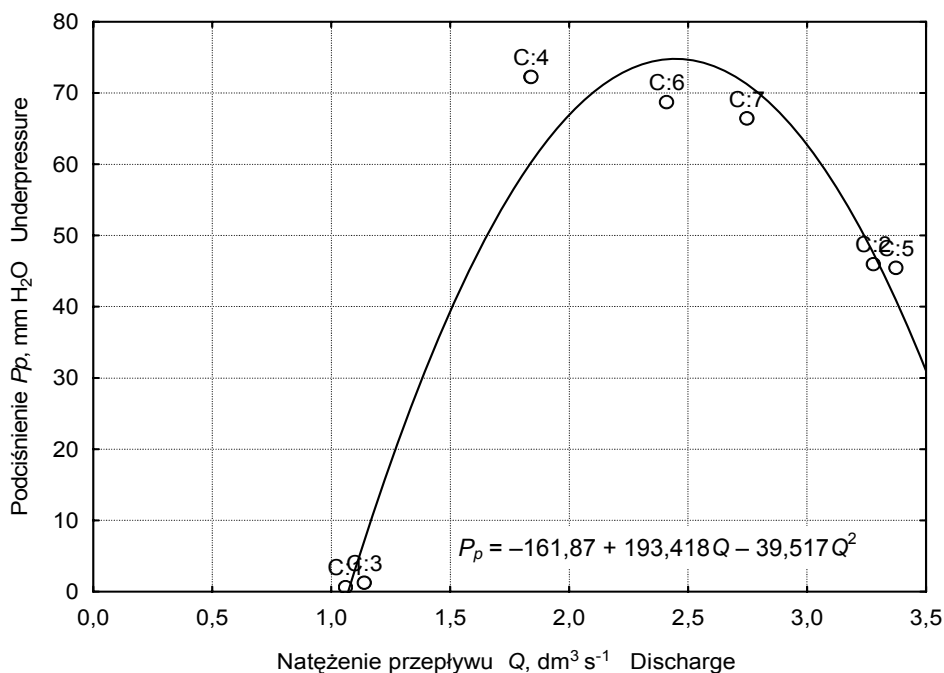
Photo 3. Lower tank of the micromanometer ASKANIA with the measuring blade (photo M. Cieślak)

Pomiar podciśnienia wywołanego przepływem ścieków wykonywano w 5 powtórzeniach, za pomocą mikromanometru ASKANIA (fot. 2 i 3), z dokładnością odczytu $\pm 0,01$ mm.

WYNIKI BADAŃ

Z pomiarów hydraulicznych wykonanych na modelu uzyskano wiele interesujących wyników, których nie można zamieścić w niniejszym artykule.

Maksymalne podciśnienie $P_p = 72$ mm słupa H_2O otrzymano w następujących warunkach: przepływ wody przez studnię z komorą rozprężną, skonstruowaną przez autorów [KŁUGIEWICZ, KŁUGIEWICZ, 2005a, b] – $Q = 2,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (rys. 4) zagłębienie końcówki wentylacyjnej poniżej zwierciadła ścieków – 3,5 cm, zewnętrzna średnica rurki wentylacyjnej – 26,4 mm, grubość ścianki wentylacyjnej – 2,4 mm.



Rys. 4. Wykres zależności między podciśnieniem i natężeniem przepływu wody [ŚWIŚ, CIEŚLAK, 2009]

Fig. 4. Relationship between the underpressure and water flow [ŚWIŚ, CIEŚLAK, 2009]

WNIOSKI

1. Nacisnieniowy transport małych ilości ścieków z miejscowości podmiejskich do kanałów grawitacyjnych w miastach i tymi kanałami do oczyszczalni ścieków o niewykorzystanej przepustowości można byłoby uznać za idealny, gdyby nie problem z odorami.

2. Zbyt długi czas transportu ścieków przewodami ciśnieniowymi powoduje beztlenowy rozkład substancji organicznej zawartej w osadach ściekowych, zwłaszcza gromadzących się w obniżeniach na trasie rurociągu. Z chwilą dopływu takich osadów do komory rozprężnej, przez otwory w pokrywach włazów studziennych wydostaje się siarkowodór. Dotychczasowe sposoby walki z odorami są mało skuteczne, a ponadto bardzo kosztowne.

3. Opracowany przez autorów [KLUGIEWICZ, KLUGIEWICZ, 2005a, b] hydrauliczny wyciąg gazów kanałowych może być optymalnym sposobem pozbycia się uciążliwości zapachowych. Jego konstrukcja jest bardzo prosta, budowa tania (koszt materiałów na jego wykonanie 48,60 zł), a eksploatacja nie wymaga zużycia energii elektrycznej – funkcjonuje on samoczynnie.

LITERATURA

- JANKOWSKI F., 1970. Pompy i wentylatory w inżynierii sanitarnej. Warszawa: Arkady ss. 432.
- KLUGIEWICZ J., KLUGIEWICZ I., 2005a. Studnia kanalizacyjna z komorą rozprężną. Biul. UP nr 2(811) s. 94.
- KLUGIEWICZ J., KLUGIEWICZ I., 2005b. Hydrauliczna wentylacja komory rozprężnej między rurociągiem tłocznym i kanałem grawitacyjnym. Gospodarka Wodna 10 s. 418–419.
- KLUGIEWICZ J., 2007. Mechanika płynów. Bydgoszcz: Wydaw. Uczelniane UTP ss. 284
- SUCHAŃSKI W., WONS P., 2008. Nutriox oraz Brenntasmell. Bioskuteczne eliminowanie zapachu emitowanego przez ścieki. Instal 7/8 (286) s. 9–10.
- ŚWIŚ M., CIEŚLAK M., 2009. Budowa modelu studni rozprężnej z hydraulicznym wyciągiem gazów oraz wstępne ich badania. Praca dyplomowa nr 9330/IŚ/DM. Bydgoszcz: UTP.
- UBERNA A., 2009. Rozwiązywanie problemów z uciążliwymi zapachami, których źródłem są systemy kanalizacji ściekowej. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 5 s. 26–28.

Jan KLUGIEWICZ, Iwona KLUGIEWICZ

**THE ASSESSMENT OF A NEW CONSTRUCTION OF VENTILATION
OF EXPANSIBLE CHAMBERS
WITH HYDRAULIC EXHAUST OF SEWER GASES AFTER MODEL TESTS**

Key words: expansible chamber, hydraulic exhaust of gases, odours, smell nuisance, sewer gases

S u m m a r y

The origin of smell nuisance of odours getting out of expansible chambers situated in the mixed sewage system between the pressure piping and the gravitational channel was estimated.

Current ways of preventing odours are not very effective. Moreover, they considerably increase the investment and operating costs of sewage transport systems. A new structure of the ventilation of expansible chambers with hydraulic (thus anti-explosive) gas exhaust is presented in this paper.

A model was built and hydraulic measurements were made under the supervision of prof. J. Klugiewicz as part of a diploma work. The hydraulic measurements with the model built in the scale 1:4 confirmed authors' hypotheses and enabled defining optimal parameters for this exhaust. The exhaust works automatically (without electric energy) using the kinetic and potential energy of the stream of sewage in its flow from the expansible chamber to the inlet to gravitational channel.

Recenzenci:

prof. dr hab. Szczepan L. Dąbkowski
dr hab. Jerzy Z. Piotrowski, prof. PŚk

Praca wpłynęła do Redakcji 18.09.2009 r.