

Janusz Jeżowiecki
Andrzej Tiukało
Janusz Zaleski

OBLICZANIE OBJĘTOŚCI ZBIORNIKA ŚCIEKÓW W INSTALACJI Z SZEREGOWYM OBIEGIEM WODY

Istotne ograniczenie poboru wody pitnej uzyskuje się przez wyposażanie budynków mieszkalnych w instalacje z szeregowym obiegiem wody. Rozwiązania te z pewnością wyprzedzają jeszcze nasze obecne krajowe możliwości, lecz — poza literaturą — coraz częściej występują już w praktyce światowej. Istota tych rozwiązań polega na tym, że do instalacji wody pitnej podłączone są tylko baterie zlewozmywakowe, umywalkowe i wannowe. Woda zużyta w umywalkach i wannach jest gromadzona w specjalnym zbiorniku, z którego (po oczyszczeniu np. w ciśnieniowym filtrze pospiesznym) doprowadzana jest jako tzw. woda wtórna, za pomocą urządzenia hydroforowego, do płuczek ustępowych.

Ścieki o większym stopniu zanieczyszczenia (ze zlewozmywaków) oraz ścieki pochodzące z wody powtórnie zużytej (z misek ustępowych) odprowadzone są instalacją kanalizacyjną do kolektora ulicznego. Opracowanie zasad projektowania scharakteryzowanej wyżej instalacji z szeregowym obiegiem wody powinno być poprzedzone:

- jakościowym i ilościowym rozpoznaniem dynamiki poboru wody przez umywalki i wanny oraz osobno przez płuczki ustępowe
- sformułowaniem zasad wymiarowania i konstruowania zbiornika gromadzącego ścieki z umywalk i wanien,
- opracowaniem zasad oczyszczania tych ścieków (przed ponownym ich użyciem),
- opracowaniem metody wymiarowania instalacji wody pitnej i wtórnej oraz instalacji kanalizacyjnej.

Poniżej przedstawiono rozważania dotyczące wykorzystania opisu matematycznego procesu poboru wody wodociągowej i wody wtórnej, do wyznaczania objętości zbiornika gromadzącego ścieki z umywalk i wanien.

Założenia

Struktura zużycia wody w krajowych gospodarstwach domowych przedstawia się następująco [1]:

- picie, gotowanie i mycie naczyń 18—27‰
- utrzymanie higieny osobistej 31—45‰
- spłukiwanie ustępu 22—32‰
- pranie 9—16‰
- inne potrzeby 3—5‰.

Zużycie wody przez człowieka zależy m. in. od jego indywidualnych przyzwyczajeń, wieku, charakteru pracy wykonywanej w domu i poza domem. Badania nad wielkością zużycia wody (nie uwzględniające jej strat i marnotrawstwa) wykazały, że wynosi ono od 160 dm³/Md do 220 dm³/Md. Przyjmując pewną wielkość zużycia wody (q) można, dla założonej liczby mieszkańców (N) obsługiwanych przez instalację, określić dobowe zużycie wody (Q) w całym budynku:

$$Q = N \cdot q, \text{ dm}^3/\text{d} \quad (1)$$

Można przyjąć, że zużycie wody na utrzymanie higieny osobistej i na pranie (Q_1) stanowi 42‰ ogólnego zużycia wody:

$$Q_1 = 0,42 Q = 0,42 N \cdot q, \text{ dm}^3/\text{d} \quad (2)$$

W analizowanej instalacji tę właśnie wodę wykorzystuje się po oczyszczeniu do spłukiwania misek ustępowych. Jest to ilość wystarczająca, bo z założeń wynika, że na spłukiwanie misek ustępowych potrzeba około 30‰ całkowicie zużywanej wody:

$$Q_2 = 0,3 Q = 0,3 N \cdot q, \text{ dm}^3/\text{d} \quad (3)$$

Podobne zużycie tej wody uzyska się również przyjmując np. objętość zbiornika płuczącego 10 dm³ i zakładając, że 1 osoba skorzysta z miski ustępowej 6-krotnie w ciągu doby.

W tabeli 1 przytoczono 3 warianty założonego kształtowania się dynamiki poboru wody przez umywalki i wanny oraz przez miski ustępowe. Dane te mają charakter heurystyczny, ale wydaje się, że są dość zbliżone z rzeczywistym przebiegiem poboru wody. Przyjęcie ich wynika z braku bliższych danych empirycznych dla tak specyficznego podziału wody pobieranej w budynku.

Orientacyjna metoda określania objętości zbiornika ścieków

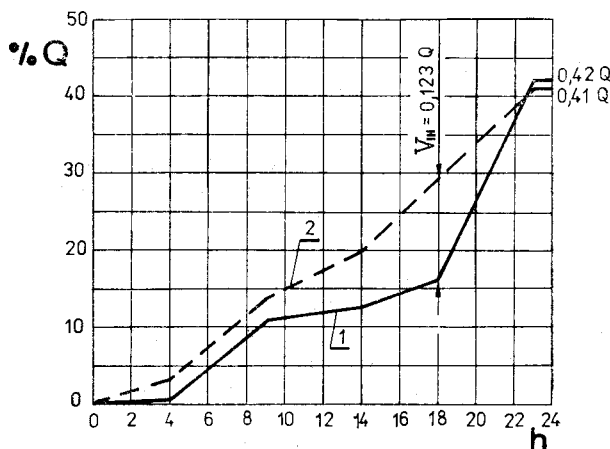
Analiza założonych wariantów dynamiki poboru wody w instalacji z szeregowym jej obiegiem pozwala sformułować w niżej opisany sposób zależności na orientacyjną objętość (V) zbiornika ścieków, występującego w tej instalacji.

Na rys. 1 przedstawiono wykres całkowity kształtowania się poboru wody według wariantu I (tabela 1).

Doc. dr hab. inż. J. Jeżowiecki, dr inż. A. Tiukało, dr inż. J. Zaleski: Instytut Inżynierii Chemicznej i Urządzeń Ciepłych Politechniki Wrocławskiej, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław.

Krzywa łamana 1 obrazuje pobór wody przez umywalki i wanny, a 2 — przez płuczki ustępowe. Z bilansu tych poborów wynika, że dla wariantu I objętość zbiornika ścieków powinna wynosić:

$$V_I = 0,053 Q = 0,053 N \cdot q, \text{ dm}^3 \quad (4)$$



Rys. 1 Wyznaczenie orientacyjnej objętości zbiornika ścieków do wariantu I

Tabela 1

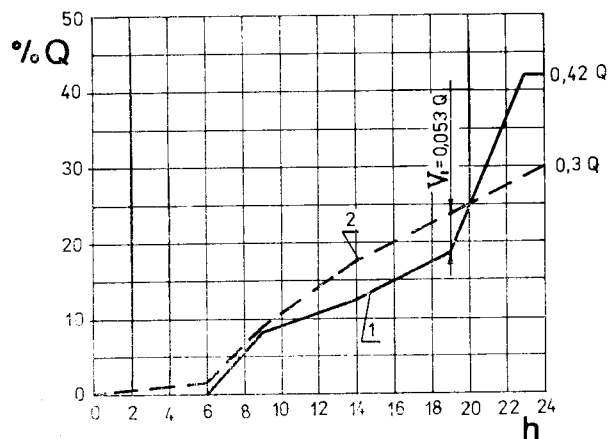
ROZKŁAD POBORU WODY DLA WYODRĘBNIONYCH GRUP URZĄDZEŃ SANITARNYCH W BUDYNKU MIESZKALNYM

Pobór wody przez:			
baterie umywalkowe i wannowe		płuczki ustępowe	
godz. doby	procentowy rozkład poboru	godz. doby	procentowy rozkład poboru
Wariant I			
0—6	0	0—6	5
6—9	20	6—9	25
9—14	10	9—14	10
14—19	15	14—24	60
9—23	55		
Wariant II			
0—4	1,2	0—4	2
4—9	25	4—9	25
9—14	3,5	9—14	7,5
14—18	10	14—23	65
18—23	60	23—24	0,5
23—0	0,3		
Wariant III			
0—4	1,2	0—4	8
4—9	25	4—9	25
9—14	3,5	9—14	15
14—18	10	14—23	50
18—23	60	23—24	2
23—0	0,3		

Dla wariantu II przebieg poboru wody na wyodrębnione cele przedstawia wykres całkowity na rys. 2 (oznaczenie krzywych jak na rys. 1). Z jego analizy wynika konieczność zainstalowania zbiornika ścieków o objętości:

$$V_{II} = 0,028 Q = 0,028 N \cdot q, \text{ dm}^3 \quad (5)$$

W wariantcie III przeprowadzono analizę przy uwzględnieniu nieznacznych płuczek ustępowych. Z badań [1] wynika, że wskutek nie szczelności instalacji i armatury oraz marnotrawstwa traci się około 15—20% wody dostarczanej do odbiorców. Straty przez nie szczelne płuczki ustępowe stanowią natomiast 2/3 ogól-

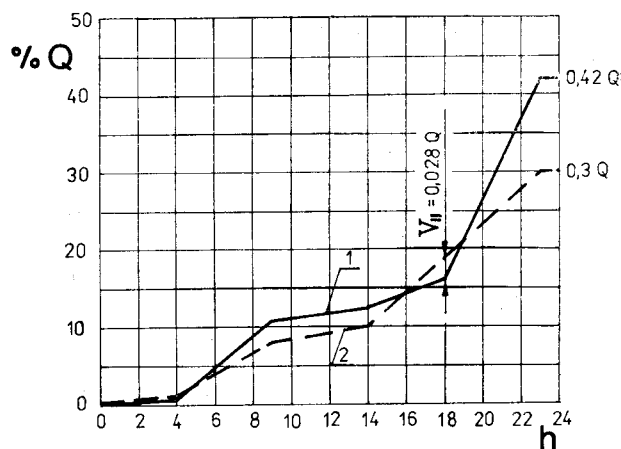


Rys. 2 Wyznaczenie orientacyjnej objętości zbiornika ścieków dla wariantu II

nych strat wody, czyli około 11%. Stąd całkowita ilość wody zużywanej przez płuczki ustępowe wynosi:

$$Q'_2 = (0,3 + 0,11) Q = 0,41 Q = 0,41 N \cdot q, \text{ dm}^3/\text{d} \quad (6)$$

Również dynamika poboru wody przez płuczki ustępowe ulegnie zmianie, będąc bardziej równomierną w ciągu doby. Przebiegi poboru wody dla obu grup urządzeń przedstawia dla wariantu III wykres całkowity zamieszczony na rys. 3 (oznaczenie krzywych jak na rys. 1).



Rys. 3 Wyznaczenie orientacyjnej objętości zbiornika ścieków dla wariantu III

Wynika z niego, że dla wariantu III należy przewidzieć zbiorniki ścieków o objętości:

$$Q_{III} = 0,123 Q = 0,123 N \cdot q, \text{ dm}^3 \quad (7)$$

Ponieważ dla wariantu III otrzymano największą orientacyjną objętość zbiornika ścieków w instalacji z szeregowym obiegiem wody, to tę wielkość należałoby ostatecznie przyjąć w przypadku braku bliższych danych w tym zakresie.

Bardziej dokładną i wiarygodną objętość analizowanego zbiornika można natomiast otrzymać stosując metodę symulacyjną, wykorzystującą probabilistyczny model procesu poboru wody w budynkach mieszkalnych.

Symulacyjna metoda określania objętości zbiornika ścieków

Wielkością charakteryzującą proces poboru wody w budynku jest strumień pobieranej wody $\dot{Q}(t)$, gdy czas jest zmienną typu ciągłego. W przypadku czasu rozpatrywanego jako ciąg wyodrębnionych chwil czasowych $t_0, t_1, \dots, t_m$ wielkością tą jest objętość wody pobrana przez instalację między odpowiednimi kolejnymi chwilami czasowymi t_{i-1}, t_i . Jest ona wówczas odniesiona do chwili końcowej tego przedziału t_i , czyli:

$$Q(t_i) = \int_{t_{i-1}}^{t_i} \dot{Q}(t) dt, \quad i=1, \dots, m \quad (8)$$

W pracy [2] przedstawiono probabilistyczny model procesu poboru wody w instalacjach wewnętrznych, ale bez rozróżnienia odrębnych przebiegów tego procesu dla różnych grup urządzeń sanitarnych. Można założyć, że całkowity strumień pobieranej wody składa się w dowolnej chwili czasowej $\dot{Q}(t)$ ze strumieni wody pobieranej przez: baterie umywalkowe $\dot{Q}_1(t)$, płuczki ustępowe $\dot{Q}_2(t)$ i pozostałe punkty czerpalne $\dot{Q}_3(t)$. Można więc zapisać, że:

$$\dot{Q}(t) = \dot{Q}_1(t) + \dot{Q}_2(t) + \dot{Q}_3(t) = a_1(t) \dot{Q}(t) + a_2(t) \dot{Q}(t) + a_3(t) \dot{Q}(t) \quad (9)$$

Z powyższego zapisu wynika, że wszystkie wyodrębnione strumienie pobieranej wody są zmiennymi losowymi. Tym samym również udziały poszczególnych strumieni w całkowitym strumieniu pobieranej wody $a_1(t)$, $a_2(t)$, $a_3(t)$ są także zmiennymi losowymi. Dysponując takim opisem procesu poboru wody (z podziałem na strumienie wody pobierane przez

różne grupy urządzeń sanitarnych) można sformułować zależność na objętość zbiornika magazynującego wodę pobieraną przez płuczki ustępowe o następującej postaci:

$$V = \max_t \int_0^t [a_2(t) - a_1(t)] \dot{Q}(t) dt \quad (10)$$

Ponieważ analityczne rozwiązanie tego równania (ze względu na losowy charakter jego składników) jest praktycznie niemożliwe, to jedynie skuteczne jest rozwiązanie go metodą symulacyjną. Polega ona na wielokrotnym generowaniu trajektorii opisujących pobory wody przez różne grupy punktów czerpalnych i określaniu dla tych trajektorii niezbędnej objętości zbiornika ścieków. Uzyskany tą drogą n -elementowy ciąg $V_1, \dots, V_n$ objętości zbiornika może służyć do badań statystycznych zmiennej losowej, jaką jest niezbędna objętość zbiornika ścieków w instalacji z szeregowym obiegiem wody [3].

LITERATURA

1. S. SOSNOWSKI, J. TABERNACKI: Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne w budynkach. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1982.
2. J. ZALESKI: Stochastyczne modelowanie procesu poboru wody w instalacjach wewnętrznych i jego zastosowania. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Chemicznej i Urządzeń Ciepłych Politechniki Wrocławskiej Nr 47, seria: Monografie Nr 26. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej (w druku).
3. A. TIUKAŁO: Symulacja systemów zaopatrzenia budynków w wodę — podstawy i zastosowanie. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Chemicznej i Urządzeń Ciepłych Politechniki Wrocławskiej Nr 48, seria: Monografie Nr 27. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej (w druku).

J. Jeżowiecki, A. Tiukało, J. Zaleski

CALCULATING THE VOLUME OF A SEWAGE TANK INCLUDED IN AN INSTALLATION WITH SERIES-CIRCULATED WATER

The functioning of the installation in apartment buildings is described. Making use of daily water con-

sumption data and taking into account the dynamic distribution of this parameter, the approximate volume of the sewage tank working in an installation with series-circulated water is determined. Accurate calculations of the tank volume are carried out by a simulation method which involves a probabilistic model of water consumption in apartment buildings.