

Zbigniew Heidrich

CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNO-EKONOMICZNA UKŁADÓW KANALIZACYJNYCH NA TERENACH ZABUDOWY JEDNORODZINNEJ

Tereny budownictwa miejskiego, kształtowane w formie zespołów zabudowy jednorodzinnej, można zaliczyć do terenów o względnie niskiej gęstości zaludnienia, z których usuwanie ścieków następuje wiele problemów natury technicznej, ekonomicznej i sanitarnej. W Polsce i w innych krajach rozpowszechnione są, w zespołach zabudowy jednorodzinnej, głównie dwa rozwiązania usuwania ścieków [1]:

- indywidualne dla każdego domu lub dla kilku domów (zależnie od rodzaju zabudowy) zbiorniki bezodpływowe, z których ścieki wywożone są taborami asenizacyjnym,
- osadniki gnilne współpracujące z drenażem rozsączającym ścieki na każdej działce lub na wspólnej dla kilku domów jednorodzinnych.

Każde z tych rozwiązań, aczkolwiek jest proste, ma istotne wady. Zbiorniki bezodpływowe charakteryzują się stosunkowo niskimi nakładami inwestycyjnymi, ale są drogie w eksploatacji ze względu na wysokie koszty wywozu ścieków. Są one uciążliwe dla otoczenia i mieszkańców osiedla, a ponadto stanowią potencjalne zagrożenie sanitarne dla płytko położonych wód gruntowych, wykorzystywanych często jako źródło zaopatrzenia w wodę. Osadniki gnilne z drenażami rozsączającymi są rozwiązaniem wprawdzie tańszym w eksploatacji od zbiorników bezodpływowych, ale pociągają za sobą konieczność powiększania działki przydomowej, przy jednoczesnym jednak ograniczeniu możliwości jej wykorzystania. Rozwiązanie to stanowi czynnik oddziałujący niekorzystnie na warunki sanitarne osiedla, a możliwość jego stosowania jest ograniczona do określonych warunków glebowo-gruntowych.

Warto przy tym zwrócić uwagę na to, że oba wymienione wyżej rozwiązania różnią się między sobą uzyskiwanymi efektami, gdyż stosowanie zbiorników bezodpływowych zapewnia jedynie usuwanie i gromadzenie ścieków, natomiast zastosowanie osadników gnilnych z drenażami rozsączającymi, jest rozwiązaniem pozwalającym dodatkowo na unieszkodliwianie ścieków i to w stopniu dość zadowalającym. Stąd też prównywanie tych rozwiązań powinno być w znacznym stopniu ograniczone.

Oczywistą kontrpropozycją, w stosunku do wymienionych wyżej rozwiązań, jest osiedlowa sieć kanalizacyjna, z ewentualną oczyszczalnią

ścieków lub przesyłanie ścieków do sąsiedniego, większego systemu kanalizacyjnego. To rozwiązanie jednak w zastosowaniu do zespołów zabudowy jednorodzinnej nie jest zbyt chętnie stosowane, ze względu na przekonanie o jego wysokiej kapitałochłonności. Przekonanie to wynika jedynie z wyrywkowych ocen bazujących na analizie tradycyjnych systemów kanalizacyjnych, projektowanych dla konkretnych zespołów zabudowy jednorodzinnej. W ostatnim okresie przeszły jednak nowe okoliczności, stwarzające przesłanki do potraktowania kanalizacji scentralizowanej jako odpowiedniego i uzasadnionego rozwiązania technicznego problemu usuwania ścieków z terenów zabudowy jednorodzinnej. Tymi okolicznościami są [1]:

- rozwój urbanistyczny rozwiązań zespołów zabudowy jednorodzinnej w kierunku tworzenia uporządkowanych, zwartych struktur predysponowanych do wprowadzenia w nich systemu sieci przewodów,
- rozwój technicznych rozwiązań sieci kanalizacyjnych w kierunku stosowania, obok tradycyjnego układu sieci grawitacyjnej, również i układów sieci ciśnieniowej i podciśnieniowej, budowanych z płytko ułożonych przewodów o małej średnicy.

Wobec tych nowych okoliczności pojawiła się potrzeba zbadania relacji pomiędzy urbanistycznymi rozwiązaniami zabudowy jednorodzinnej, a wskaźnikami techniczno-ekonomicznymi, charakteryzującymi różne techniczne rozwiązania usuwania ścieków, a także potrzeba ustalenia racjonalnych zakresów stosowania analizowanych rozwiązań. Tym zagadnieniom poświęcona jest niniejsza publikacja.

Rodzaje rozwiązań technicznych usuwania ścieków

Usuwanie ścieków z terenów zabudowy jednorodzinnej może być zrealizowane poprzez zastosowanie rozwiązań bezprzewodowych i przewodowych. Rozwiązania bezprzewodowe to dotychczas powszechnie stosowana kanalizacja bezodpływowa polegająca na tym, że ścieki zgromadzone w zbiornikach bezodpływowych są następnie wywożone taborami asenizacyjnym do wskazanych punktów zlewnych.

Rozwiązania przewodowe to:

- kanalizacja grawitacyjna
- kanalizacja podciśnieniowa
- kanalizacja ciśnieniowa.

Wszystkie wyżej wymienione rodzaje rozwiązań technicznych usuwania ścieków są możliwe do stosowania z punktu widzenia skutecz-

ności działania i ogólnych warunków, jakie muszą spełniać. Jedyne ograniczenia mogą wynikać z braku urządzeń technicznych, pozwalających na ich wszechstronne praktyczne wdrożenie. Takie właśnie ograniczenie pojawia się w stosunku do kanalizacji ciśnieniowej, gdzie brak krajowych rozwiązań niektórych elementów nie pozwala na jej powszechne stosowanie.

Warto przy tym zwrócić uwagę, że w odniesieniu do kanalizacji podciśnieniowej i ciśnieniowej zostały opracowane zasady projektowania i konstrukcji, i w związku z tym istnieją pełne podstawy do ich stosowania [2—5].

W prezentowanych w niniejszej publikacji rozważaniach pominięto kanalizację ciśnieniową, która z punktu widzenia ekonomicznego jest właściwie równoważna z kanalizacją podciśnieniową, przy czym ta druga ma olbrzymie szanse szybkiego wdrożenia ze względu na to, że wszystkie elementy wyposażenia są dostępne w kraju.

Charakterystyka modelowych układów zespołów zabudowy jednorodzinnej

Rozważania na temat systemów usuwania ścieków z zespołów zabudowy jednorodzinnej prowadzono w odniesieniu do modelowych układów tych zespołów przy założeniu, że liczba mieszkańców wynosi od 500 do 5000, co odpowiada liczbie domów (działek) od 125 do 1250. Ze względu na to, że istotnym czynnikiem wpływającym na wymiary i stronę ekonomiczną układów kanalizacyjnych jest rodzaj zabudowy, przyjęto sześć wariantów zagospodarowania osiedli, o różnym udziale zabudowy zwartej (Z), zabudowy bliźniaczej (B) i zabudowy wolno stojącej (W) oraz różnych powierzchniach działek (f) i szerokościach frontów działek (s). Podstawowe dane urbanistyczne przyjęto przy tym na podstawie propozycji IKS [6]. Warianty te można scharakteryzować wg struktury zabudowy następująco:

Wariant A: Z — 100%; f=275 m², s=7 m,

Wariant B: Z — 80%; B — 100%; W — 10%; f=335 m², s=8,8 m,

Wariant C: Z — 50%; B — 30%; W — 20%; f=408 m², s=11,2 m,

Wariant D: Z — 30%; B — 50%; W — 20%; f=433 m², s=12,4 m,

Wariant E: B — 50%; W — 50%; f=575 m², s=16 m,

Wariant F: W — 100%; f=750 m², s=19 m.

Tak przyjęte warianty zagospodarowania zespołów zabudowy jednorodzinnej obejmują zarówno ludność nierolniczą, jak też ludność rolniczą, co pozwala na szersze spojrzenie na prezentowane tu zagadnienia. Konieczne jest przy tym zwrócenie uwagi na to, że analizowane tu układy zabudowy jednorodzinnej dotyczą jedynie zespołów realizowanych w systemie zorganizowanym, natomiast nie obejmują zespołów powstających w sposób żywiołowy, nieuporządkowany.

Inną wielkością charakteryzującą zespoły zabudowy jednorodzinnej jest ilość odprowadzanych ścieków, miarodajna do wymiarowania urzą-

dzeń. Przyjęto tu, że charakterystyczne ilości ścieków można wyznaczyć z wzorów [1]:

— średnia dobowa ilość ścieków

$$Q_{d\text{ sr}} = 0,185 M + 11,6 \quad , \quad \text{m}^3/\text{d} \quad (1)$$

— maksymalna godzinowa ilość ścieków

$$Q_{h\text{ max}} = 0,0182 M + 10,6 \quad , \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (2)$$

gdzie: M — liczba mieszkańców obsługiwanych przez system kanalizacyjny.

Przy rozpatrywaniu indywidualnych urządzeń do usuwania ścieków (kanalizacja bezodpływowa), przyjęto jednostkową średnią dobową ilość ścieków $q = 0,182 \text{ m}^3/\text{M} \cdot \text{d}$ [1].

Charakterystyka techniczno-ekonomiczna kanalizacji bezodpływowej

Kanalizacja bezodpływowa jest najprostszym i najczęściej dotychczas stosowanym rozwiązaniem usuwania ścieków z terenów zabudowy jednorodzinnej. Rozwiązanie to polega na gromadzeniu ścieków w zbiornikach bezodpływowych, skąd są one wywożone taborem asenizacyjnym do wyznaczonych punktów zlewnych. W odniesieniu do zespołów zabudowy jednorodzinnej można zatem przyjąć, że ten system kanalizacyjny obejmuje zbiorniki bezodpływowe i przykanaliki. Zwyczajowo przyjmuje się, że liczba zbiorników zależy wprost od rodzaju zabudowy i można przyjąć, że przy zabudowie zwartej — jeden zbiornik przyjmuje ścieki od $M_{zb} = 16$ mieszkańców (4 domy), przy zabudowie bliźniaczej od $M_{zb} = 8$ mieszkańców (2 domy) oraz przy zabudowie wolno stojącej od $M_{zb} = 4$ mieszkańców (1 dom). Wymagana pojemność zbiornika bezodpływowego może być wyznaczona z wzoru:

$$V_{zb} = M_{zb} \cdot q \cdot n \quad (3)$$

gdzie:

V_{zb} — pojemność czynna zbiornika, m³

q — jednostkowa ilość ścieków, m³/M d

n — częstotliwość opróżniania zbiornika, d⁻¹

Z wykonanych badań wynika, że średnią częstotliwość opróżniania zbiornika bezodpływowego można przyjmować $n = 14 \text{ d}^{-1}$ [7, 8].

Biorąc pod uwagę modelowe układy zagospodarowania zespołów zabudowy jednorodzinnej, średnia ważona pojemność zbiorników bezodpływowych może być wyznaczona ze wzoru:

$$V_{zb\text{ sr}} = 615 \cdot s^{-1,39} \quad (4)$$

natomiast ogólna liczba zbiorników bezodpływowych N_{zb} ze wzoru:

$$N_{zb} = 4,68 \cdot 10^{-3} \cdot M \cdot s^{1,39} \quad (5)$$

gdzie:

s — średnia szerokość frontu działki, jako parametr charakteryzujący modelowe warianty zagospodarowania zespołów zabudowy jednorodzinnej, m.

Drugim elementem tworzącym system kanalizacji bezodpływowej są przykanaliki. Łączną długość przykanalików L_{pk} można wyznaczyć z prostej formuły:

$$L_{pk} = N_{zb} \cdot l_{pk} \quad (6)$$

gdzie:

l_{pk} — jednostkowa długość przykanalików, w przeliczeniu na jeden zbiornik bezodpływowy, m.

Biorąc pod uwagę zasady lokalizacji zbiorni-

ków bezodpływowych, jednostkową długość przykanalików można przyjąć $l_{pk}=10$ m. Ostatecznie więc całkowita długość przykanalików, dla modelowych zespołów zabudowy jednorodzinnej, może być przyjęta ze wzoru:

$$L_{pk}=4,68 \cdot 10^{-2} \cdot M \cdot s^{1,39}, \text{ m} \quad (7)$$

Nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie kanalizacji bezodpływowej obejmują koszty budowy zbiorników bezodpływowych i przykanalików. Przeprowadzone rozważania doprowadziły do wniosku, że nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie kanalizacji bezodpływowej dla potrzeb rozpatrywanych tu zespołów zabudowy jednorodzinnej można wyznaczyć ze wzoru:

$$I_b=5585 \cdot M \cdot s^{0,7}, \text{ zł} \quad (8)$$

Koszty eksploatacji kanalizacji bezodpływowej można ograniczyć jedynie do kosztów wywozu ścieków [1], które na podstawie zebranych informacji zależą od rodzaju środka transportu oraz odległości od punktu powstawania ścieków do punktu zlewnego i wahają się w przedziale od 160 zł/m³ do 340 zł/m³. Można zatem przyjąć, że koszty eksploatacji kanalizacji bezodpływowej wynikają z zależności:

$$K_b=365 \cdot M \cdot q \cdot k_w, \text{ zł/a} \quad (9)$$

gdzie:

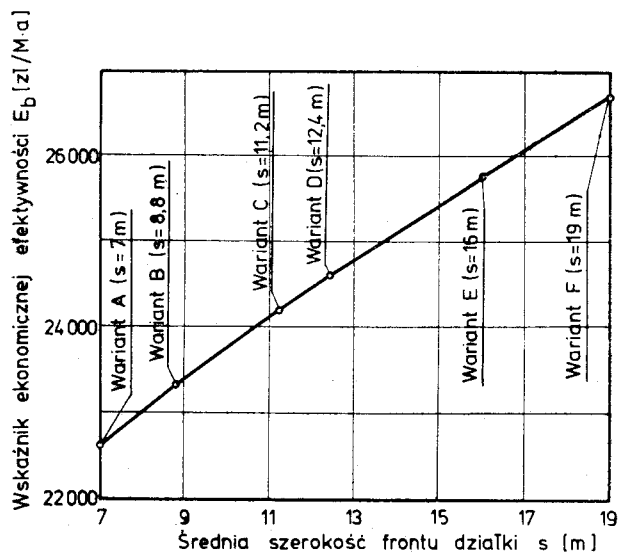
k_w — jednostkowe koszty wywozu ścieków, w zł/m³.

Przyjmując średnią wartość $k_w=250$ zł/m³, wzór (9) można zapisać w postaci:

$$K_b=1,86 \cdot 10^4 \cdot M \quad (10)$$

Uzyskane zależności pozwoliły na wyznaczenie wartości wskaźnika ekonomicznej efektywności kanalizacji bezodpływowej. Posłużono się przy tym formułą uproszczoną, przyjmując współczynnik zamrożenia nakładów w czasie budowy $n_z=1,12a^{-1}$, stopę dyskontową $r=0,08a^{-1}$ oraz stawkę odpisów amortyzacyjnych na od tworzenie $s=0,085a^{-1}$. Ostatecznie wskaźnik ekonomicznej efektywności kanalizacji bezodpływowej, dla analizowanych tu modelowych układów zespołów zabudowy jednorodzinnej, można wyznaczyć ze wzoru:

$$E_b=1032 \cdot s^{0,7}+18600, \text{ zł/Ma} \quad (11)$$



Rys. 1 Zależność do wyznaczania wskaźnika ekonomicznej efektywności kanalizacji bezodpływowej w modelowych zespołach zabudowy jednorodzinnej

Zależność do wyznaczenia wskaźnika ekonomicznej efektywności kanalizacji bezodpływowej w modelowych zespołach zabudowy jednorodzinnej w funkcji szerokości frontu działki, przy $k_w=250$ zł/m³, przedstawiono na rys. 1. Zależność zapisaną wzorem (11) wykorzystano przy ustalaniu zakresu stosowania różnych układów kanalizacyjnych.

Charakterystyka techniczno-ekonomiczna kanalizacji grawitacyjnej

Kanalizacja grawitacyjna składa się z przykanalików (prowadzonych tak, jak w przypadku kanalizacji bezodpływowej), przewodów zbiorczych oraz przewodów głównych, spełniających rolę kolektorów.

Długość przykanalików może być wyznaczona ze wzoru (7). Sumaryczna długość przewodów głównych i przewodów zbiorczych może być wyznaczona ze wzoru:

$$L_p=47 \cdot M^{0,262}+0,128M \cdot s, \text{ m} \quad (12)$$

Przy doborze średnic przewodów kanalizacyjnych przyjęto zasady minimalnych spadków i wymaganych napełnień, obowiązujących przy projektowaniu sieci kanalizacyjnych. Biorąc pod uwagę ilości ścieków wyznaczone ze wzoru (2) występowanie średnic przewodów w osiedlach o różnej liczbie mieszkańców przedstawia się następująco:

- przy $M \leq 1790$ $d=0,20$ m
- przy $1790 < M \leq 3275$ $d=0,20$ i $0,25$ m
- przy $M > 3275$ $d=0,20$; $0,25$ i $0,30$ m.

Udział poszczególnych średnic przewodów w ogólnej długości przewodów zbiorczych i przewodów głównych wynika z następujących prostych zależności:

- przy $M \leq 1790$

$$p_{0,20}=1,0$$
- przy $1790 < M \leq 3275$

$$p_{0,20}=0,995-M \cdot 10^{-5}$$

$$p_{0,25}=0,005+M \cdot 10^{-5}$$
- przy $3275 < M \leq 5000$

$$p_{0,20}=0,97-3 \cdot 10^{-6} \cdot M$$

$$p_{0,25}=0,003+6 \cdot 10^{-6} \cdot M$$

$$p_{0,30}=0,027-3 \cdot 10^{-6} \cdot M$$

gdzie:

$p_{0,20}$, $p_{0,25}$, $p_{0,30}$ — udział przewodów o średnicach odpowiednio 0,20, 0,25 i 0,30 m w ogólnej liczbie długości przewodów zbiorczych i głównych.

Istotnym parametrem technicznym, charakteryzującym kanalizację grawitacyjną jest zagłębienie przewodów. Zagadnienia zagłębienia przewodów rozpatrzono przy założeniu, że teren zabudowy jednorodzinnej jest terenem płaskim, powodującym stały wzrost zagłębienia przewodów sieci kanalizacyjnej. Przeprowadzone rozważania doprowadziły do ustalenia wzorów, pozwalających na określenie średniego zagłębienia przewodów różnych średnic. Wzory te mają następujące postacie:

- przewody o średnicy 0,20 m:
$$H_{sr}^{0,20}=8 \cdot 10^{-5} \cdot M^{0,453} \cdot f+1,035 \cdot M^{0,158} \quad (13)$$

— przewody o średnicy 0,25 m (występujące przy $M > 1790$):

$$H_{sr}^{0,25} = 5,35 \cdot 10^{-3} \cdot f + 0,3 \cdot M^{0,37} \quad (14)$$

— przewody o średnicy 0,30 m (występujące przy $M > 3275$):

$$H_{sr}^{0,30} = 7 \cdot 10^{-3} \cdot f + 4 \cdot 10^{-4} \cdot M + 4,68 \quad (15)$$

gdzie:

$H_{sr}^{0,20}$, $H_{sr}^{0,25}$, $H_{sr}^{0,30}$ — średnie zagłębienia przewodów kanalizacyjnych o średnicach odpowiednio 0,20, 0,25 i 0,30 m,

f — średnia powierzchnia działki budowlanej, m^2 .

Nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie kanalizacji grawitacyjnej są sumą nakładów ponoszonych przy budowie przykanalików oraz przewodów głównych i zbiorczych. Można je wyrazić ogólnym wzorem:

$$I_g = I_{pk} + L_p \cdot a_p \quad (16)$$

gdzie:

I_g — całkowite nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie kanalizacji grawitacyjnej, zł

I_{pk} — nakłady inwestycyjne ponoszone przy realizacji przykanalików, zł

a_p — średni koszt jednostkowy przewodów głównych i zbiorczych, zależny od wielkości osiedla, średnic przewodów i ich udziału w całkowitej długości sieci kanalizacyjnej, warunków gruntowych oraz zagłębienia, zł/m.

L_p — wg wzoru (12), m.

W przypadku analizowanych tu zespołów zabudowy jednorodzinnej, wartość parametru a_p wynika z następujących ogólnych wzorów:

— dla zespołów o liczbie mieszkańców $M < 1790$

$$a_p = a_{0,20} \quad (17)$$

— dla $1790 < M \leq 3275$

$$a_p = a_{0,20} \cdot p_{0,20} + a_{0,25} \cdot p_{0,25} \quad (18)$$

— dla $M > 3275$

$$a_p = a_{0,20} \cdot p_{0,20} + a_{0,25} \cdot p_{0,25} + a_{0,30} \cdot p_{0,30} \quad (19)$$

gdzie:

$a_{0,20}$, $a_{0,25}$, $a_{0,30}$ — jednostkowe koszty budowy przewodów kanalizacyjnych o średnicach, odpowiednio 0,20; 0,25 i 0,30 m, zł/m,

$p_{0,20}$, $p_{0,25}$, $p_{0,30}$ — jak poprzednio.

Jednostkowe koszty budowy przewodów kanalizacyjnych można wyznaczyć z ogólnej formuły:

$$a = A \cdot H_{sr} + B, \text{ zł/m} \quad (20)$$

gdzie:

H_{sr} — średnie zagłębienie przewodów kanalizacyjnych o określonej średnicy wyznaczone ze wzorów (13), (14), (15), m,

A — współczynnik zależny od średnicy przewodu,

B — współczynnik zależny od średnicy przewodu i warunków gruntowych.

Dla przewodów kanalizacyjnych występujących w zespołach zabudowy jednorodzinnej, wzór (20) można zapisać w postaci:

— dla przewodów o średnicy 0,20 m

$$a_{0,20} = 3435 H_{sr} + \begin{cases} 1530 \text{ (S)} \\ 5010 \text{ (SN)} \\ 7250 \text{ (N)} \end{cases} \quad (21)$$

— dla przewodów o średnicy 0,25 m

$$a_{0,25} = 3480 H_{sr} + \begin{cases} 2020 \text{ (S)} \\ 5950 \text{ (SN)} \\ 8220 \text{ (N)} \end{cases} \quad (22)$$

— dla przewodów o średnicy 0,30 m

$$a_{0,30} = 3530 H_{sr} + \begin{cases} 2560 \text{ (S)} \\ 6930 \text{ (SN)} \\ 9240 \text{ (N)} \end{cases} \quad (23)$$

gdzie:

$a_{0,20}$; $a_{0,25}$; $a_{0,30}$ w zł/m,

S — grunt suchy,

SN — grunt średnio nawodniony,

N — grunt nawodniony.

Uwzględniając powyższe zależności oraz strukturę średnic osiedlowej sieci kanalizacyjnej, średni koszt jednostkowy budowy przewodów kanalizacyjnych (dla terenów płaskich zabudowy jednorodzinnej) można wyznaczyć ze wzoru:

$$a_p = 0,2426 \cdot f \cdot M^{0,4724} + \begin{cases} 4283 \cdot M^{0,152} \text{ (S)} \\ 6812 \cdot M^{0,1216} \text{ (SN)} \\ 8668 \cdot M^{0,106} \text{ (N)} \end{cases} \quad (24)$$

gdzie:

a_p w zł/m

f — średnia ważona powierzchnia działki, m^2 .

Biorąc pod uwagę wyniki dotychczas prowadzonych rozważań, nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie kanalizacji grawitacyjnej można wyznaczyć ze wzorów:

— dla kanalizacji wykonanej w gruncie suchym

$$I_g^{(S)} = I_{pk} + L_p (0,2426 \cdot f \cdot M^{0,4724} + 4283 \cdot M^{0,152}) \quad (25)$$

— dla kanalizacji wykonanej w gruncie średnio nawodnionym:

$$I_g^{(SN)} = I_{pk} + L_p (0,2426 \cdot f \cdot M^{0,4724} + 6812 \cdot M^{0,1216}) \quad (26)$$

— dla kanalizacji wykonanej w gruncie nawodnionym

$$I_g^{(N)} = I_{pk} + L_p (0,2426 \cdot f \cdot M^{0,4724} + 8668 \cdot M^{0,106}) \quad (27)$$

gdzie:

$I_g^{(S)}$, $I_g^{(SN)}$, $I_g^{(N)}$ w zł

L_p — wg wzoru (12) w m

I_{pk} — $445 \cdot M \cdot s^{1,39}$, zł

s — średnia szerokość działki, m.

Przy ocenie kosztów eksploatacji kanalizacji grawitacyjnej wzięto pod uwagę jedynie koszty czyszczenia przewodów zbiorczych i głównych, które można wyznaczyć ze wzoru:

$$K_c = 182 \cdot 10^6 \cdot L_p (L_p + 40)^{-1,917}, \text{ zł/a} \quad (28)$$

Wskaźnik ekonomicznej efektywności kanalizacji grawitacyjnej wyznaczono z formuły uproszczonej, przyjmując, że efektem użytkowym jest liczba mieszkańców (M) objęta działaniem kanalizacji. Ostatecznie wskaźnik ekonomicznej efektywności kanalizacji grawitacyjnej może być wyznaczony ze wzorów:

— dla kanalizacji wykonanej w gruncie suchym

$$E_g^S = 217 \cdot M^{0,11} \cdot s + 6,56 \cdot 10^{-5} \cdot M^2 - 0,5M - 19,5 \quad (29)$$

— dla kanalizacji wykonanej w gruncie średnio nawodnionym

$$E_g^{SN} = 257 \cdot M^{0,1} \cdot s + 7,67 \cdot 10^{-5} \cdot M^2 - 0,59M + 19,3 \quad (30)$$

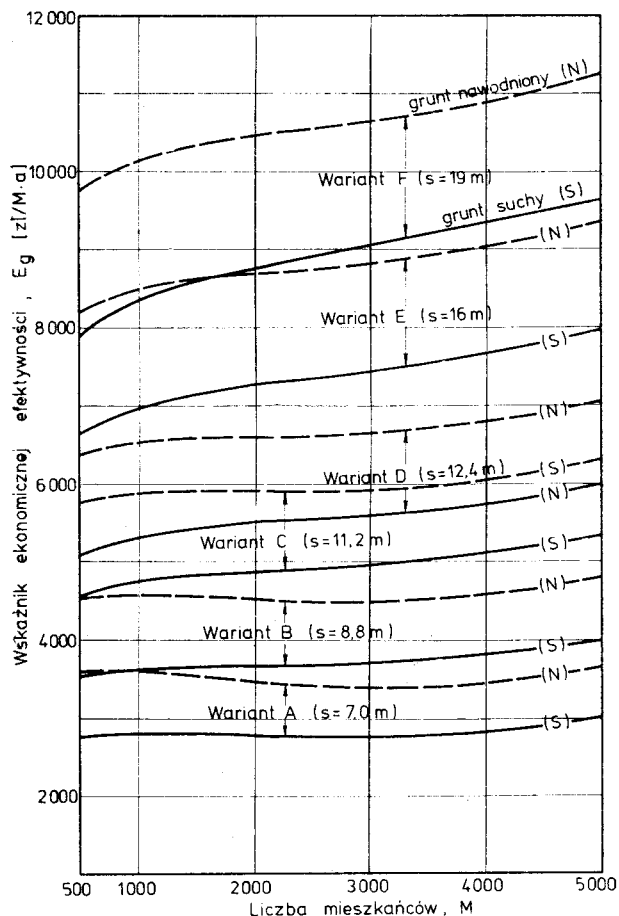
— dla kanalizacji wykonanej w gruncie nawodnionym

$$E_g^N = 285 \cdot M^{0,094} \cdot s + 8,45 \cdot 10^{-5} \cdot M^2 - 0,65M + 330 \quad (31)$$

gdzie:

E_g — wskaźnik ekonomicznej efektywności kanalizacji grawitacyjnej, zł/M·a.

Na rys. 2 przedstawiono zależności do wyznaczania wskaźnika ekonomicznej efektywności w funkcji liczby mieszkańców, zamieszkujących zespół zabudowy jednorodzinnej o przyjętym układzie modelowym.



Rys. 2 Zależności do wyznaczania wskaźników ekonomicznej efektywności kanalizacji grawitacyjnej w modelowych zespołach zabudowy jednorodzinnej zlokalizowanych na terenach płaskich

Charakterystyka techniczno-ekonomiczna kanalizacji podciśnieniowej

Kanalizacja podciśnieniowa składa się z następujących elementów: przykanaliki, studzienki zbiorcze z zaworami opróżniającymi, zewnętrzna sieć przewodów podciśnieniowych, stacja próżniowa obejmująca zbiornik próżniowy, pompy próżniowe i pompy ściekowe.

Długość i wymiary przykanalików w układzie kanalizacji grawitacyjnej są takie jak w przypadku kanalizacji podciśnieniowej. Podobnie długość zewnętrznych przewodów podciśnieniowych, które w zasadniczy sposób różnią się jednak średnicami od średnic występujących w kanalizacji grawitacyjnej. Do budowy sieci kanalizacji podciśnieniowej stosowane są prze-

wody o średnicach od 0,110 m do 0,315 m, wykonane z PCV. Średnice stosowanych przewodów można scharakteryzować za pomocą średnicy równoważnej, ze względu na objętość przewodów oraz średnicy równoważnej, ze względu na powierzchnię przewodów (tzw. średnica objętościowa i średnica powierzchniowa) [9]. Średnice te w odniesieniu do modelowych zespołów zabudowy jednorodzinnej o liczbie mieszkańców od 500 do 5000 można wyznaczyć ze wzorów:

— średnica równoważna ze względu na objętość przewodów

$$d_{rv} = (0,1214 - 9,07 \cdot 10^{-4} \cdot s) M^{0,065}, \text{ m} \quad (32)$$

— średnica równoważna ze względu na powierzchnię przewodów

$$d_{rf} = (0,1207 - 1,19 \cdot 10^{-3} \cdot s) M^{0,065}, \text{ m} \quad (33)$$

Liczbę studzienek zbiorczych można przyjmować jako równą liczbie przykanalików lub liczbie zbiorników bezodpływowych, wyznaczonej ze wzoru (5). Pojemność czynna jednej studzienki zbiorczej może być przyjmowana $V_{sz} = 0,151 \text{ m}^3$, co gwarantuje możliwość gromadzenia ścieków spływających w okresie od 2 do 4 godzin, zależnie od liczby domów podłączonych do jednej studzienki.

Integralną częścią kanalizacji podciśnieniowej jest stacja próżniowa składająca się ze zbiornika próżniowego, pomp próżniowych i pomp ściekowych. Pojemność zbiornika próżniowego w rozpatrywanych modelach zespołów zabudowy jednorodzinnej może być wyznaczona ze wzoru:

$$V_{zp} = (3,5s - 4,1) \cdot 10^{-4} M - 1,24s + 26,6, \text{ m}^3 \quad (34)$$

Wymagana wydajność pomp ściekowych powinna odpowiadać maksymalnemu godzinowemu spływowi ścieków, a zatem:

$$Q_{ps} = 0,02724M + 10,8, \text{ m}^3/\text{h} \quad (35)$$

Wymagana pojemność pomp próżniowych nie może być mniejsza od maksymalnej ilości powietrza wprowadzanego do sieci przewodów wraz ze ściekami. Przy przyjętym założeniu, że stosunek ilości powietrza do ilości ścieków równy jest 5, wydajność pomp próżniowych powinna wynosić:

$$Q_{pp} = 5Q_{ps} = 0,1362M + 54, \text{ m}^3/\text{h} \quad (36)$$

Nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie kanalizacji podciśnieniowej są sumą nakładów inwestycyjnych, ponoszonych przy realizacji jej elementów składowych. Nakłady ponoszone przy budowie przykanalików przyjęto jak w przypadku kanalizacji grawitacyjnej. Przy budowie studzienek zbiorczych nakłady inwestycyjne można wyznaczyć ze wzoru:

$$I_{sz} = 21 \cdot M \cdot s^{1,39}, \text{ zł} \quad (37)$$

Koszty budowy zewnętrznych przewodów kanalizacyjnych wynikają z prostego wzoru:

$$I_{pp} = L_p \cdot a_{sr}^p, \text{ zł} \quad (38)$$

gdzie:

a_{sr}^p — średni koszt jednostkowy budowy przewodów zewnętrznych kanalizacji podciśnieniowej, zł/m.

Wielkość a_{sr}^p można wyznaczyć z ogólnego wzoru:

$$a_{sr}^p = \alpha \cdot d_{rk}^2 + \beta \cdot d_{rk} + \gamma \quad (39)$$

gdzie:

d_{rk} — średnica równoważna ze względu na koszty budowy przewodów (tzw. średnica kosztowa), m,
 α, β, γ — współczynniki zależne od materiału przewodów i warunków gruntowych; przyjmując przewody wykonane z PCV oraz najbardziej prawdopodobne wykonanie przewodów w gruncie suchym, wartości współczynników można przyjmować: $\alpha=22\ 400$; $\beta=11\ 800$ oraz $\gamma=4\ 380$.

Średnica równoważna, ze względu na koszty budowy może być wyznaczona ze wzoru ogólnego [9]:

$$d_{rk} = \sqrt{d_{rv}^2 + \frac{\beta}{\alpha} d_{rt} + \left(\frac{\beta}{2\alpha}\right)^2 - \frac{\beta}{2\alpha}} \quad (40)$$

Po uwzględnieniu we wzorze (40) wzorów (32) i (33) oraz uwzględniając wartość współczynników α, β i γ można łatwo wyznaczyć średnicę d_{rk} , a następnie zgodnie ze wzorem (39) średni koszt jednostkowy budowy przewodów podciśnieniowych i dalej ze wzoru (38) nakłady inwestycyjne, ponoszone przy budowie przewodów kanalizacji podciśnieniowej. Nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie stacji próżniowej można wyznaczyć ze wzoru:

$$I_{sp} = (2220 + 58,5 V_{zp}^{0,3333}) 10^3, \text{ zł} \quad (41)$$

gdzie:

V_{zp} — pojemność zbiornika próżniowego, wyznaczona ze wzoru (34), m^3 .

Dalsze rozważania na temat nakładów inwestycyjnych ponoszonych przy budowie kanalizacji podciśnieniowej doprowadziły do wniosku, że można je wyznaczyć ze wzoru, który oczywiście jest słuszny dla analizowanych układów zespołów zabudowy jednorodzinnej:

LITERATURA

1. Z. HEIDRICH: Wybór systemu usuwania ścieków z osiedli domów jednorodzinnych. Materiały II Zjazdu Kanalizatorów Polskich „Polkan '85”. t. I, s. 61—76.
2. M. WAYS: Niekonwencjonalne systemy kanalizacyjne — kanalizacja ciśnieniowa. Materiały z narady projektantów. BPBK — Katowice, CTK — Warszawa.
3. M. WAYS: Podstawy i zasady projektowania kanalizacji ciśnieniowej. Praca doktorska. Politechnika Warszawska, Warszawa, 1980.
4. J. DOLECKI: Ogólne podstawy projektowania systemu kanalizacji podciśnieniowej. Biuletyn Techniczny Centrum Techniki Komunalnej Nr 4, Warszawa, 1978.
5. J. DOLECKI: Podstawy projektowania układów kanalizacji podciśnieniowej oraz ocena ich ekonomicznej efektywności. Praca doktorska. Politechnika Warszawska, 1983.

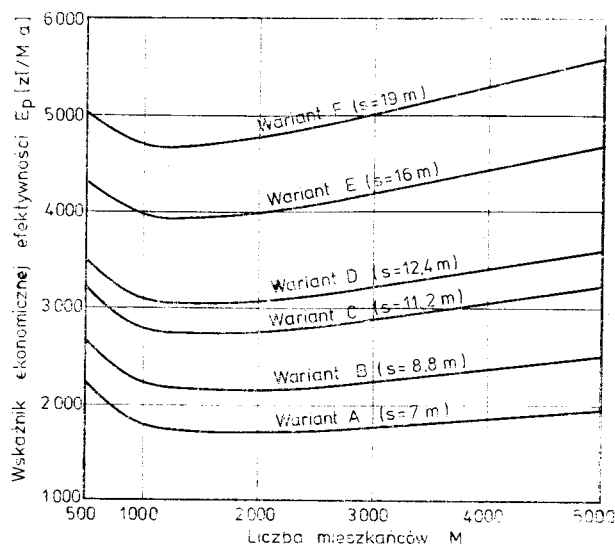
$$I_p = [(2s - 2,36) M \cdot 10^{-3} - 0,04s + 3,78] 10^6, \text{ zł} \quad (42)$$

W kosztach eksploatacji kanalizacji podciśnieniowej uwzględniono jedynie koszty energii elektrycznej, która zużywana jest na wytworzenie i utrzymanie w układzie wymaganego podciśnienia oraz na pompowanie ścieków.

Wskaźnik ekonomicznej efektywności kanalizacji podciśnieniowej, wyznaczony przy wykorzystaniu formuły uproszczonej można zapisać wzorem:

$$E_p = (0,0157M + 224) \cdot s + 9,55 \cdot 10^{-6} \cdot M^{-1,51} - 200, \text{ zł/M} \cdot a \quad (43)$$

Ilustrację zależności opisaną wzorem (43) przedstawia rysunek 3.



Rys. 3 Zależności do wyznaczania wskaźników ekonomicznej efektywności kanalizacji podciśnieniowej w modelowych zespołach zabudowy jednorodzinnej

Z. Heidrich

TECHNICAL AND ECONOMIC CHARACTERIZATION OF SEWER SYSTEMS IN DISPERSED DEVELOPMENT AREAS

Considered are gravitational and vacuum sewer systems. This paper gives data on their length, dimen-

sions and depths in the form of functions depending on the town planning characteristics. The economic considerations included in this paper cover capital expenditure, operating costs and effectiveness index. These are all best suited for choosing the optimal economic solution to the sewer problem. The information given in this paper may be of utility at the stage of developing general concepts and programs.