

Przepompownie ścieków – konstrukcje i charakterystyki

Andrzej Korczak, Grzegorz Peczkis

Rozwój infrastruktury, szczególnie wiejskiej, pociągnął za sobą budowę sieci wodociągowych, czego konsekwencją jest wzrost ilości ścieków. Niestety rozwój kanalizacji, szczególnie sanitarnej i oczyszczalni ścieków, nie nadąża za zwiększającymi się potrzebami ich odprowadzania. Dlatego konieczne są dalsze inwestycje i optymalizacje stosowanych konstrukcji pomp i projektów przepompowni. W problematyce ciśnieniowego transportu ścieków można wyróżnić:

- zjawisko przepływu ścieków przewodami rurowymi i charakterystyki rurociągów;
- zasady działania, konstrukcje i charakterystyki pomp do ścieków;
- projekty przepompowni i ich optymalizacje, szczególnie sterowania i cyklu pracy.

1. Zjawisko przepływu ścieków zawierających fazy stałe

Transport rurowy ścieków jest złożonym problemem ze względu na przypadkowość ich składu. Podobnie jak w przepływach cieczy czystych, rozróżniamy przepływy ścieków: laminarne, przejściowe i turbulenty. Natomiast ze względu na rodzaje mieszanin dzielimy ją na homogeniczne i heterogeniczne. Skład fizykochemiczny ścieków może powodować, że mają charakterystyki cieczy nienewtonowskich. Zanieczyszczenia mechaniczne o gęstości większej niż gęstość wody są unoszone skutkiem sił spowodowanych efektem Magnusa i efektem powierzchni nośnych. Model takiego przepływu jest pokazany na rys. 1 jako opływ wirującego walca.

Ścieki komunalne są trudnym medium z punktu widzenia projektowania i eksploatacji systemów transportu. Wynika to z niejednorodności składu fizycznego, niestabilności biochemicznej, nierównomierności ich powstawania. Ścieki mogą być mieszaniną dwu- lub nawet trójfazową.

Zasadniczy problem dotyczący pomp do ścieków to losowy skład ścieków i związane z tym występujące zatykania kanałów międzyłopatkowych wirników pomp. Drugim problemem jest erozja i korozja kanałów przepływowych pomp. Występuje to na przykład w przypadku mieszania się ścieków sanitarnych z burzowymi. Te ostatnie mogą zawierać, szczególnie w okresie roztopów, istotne ilości piasku i soli.

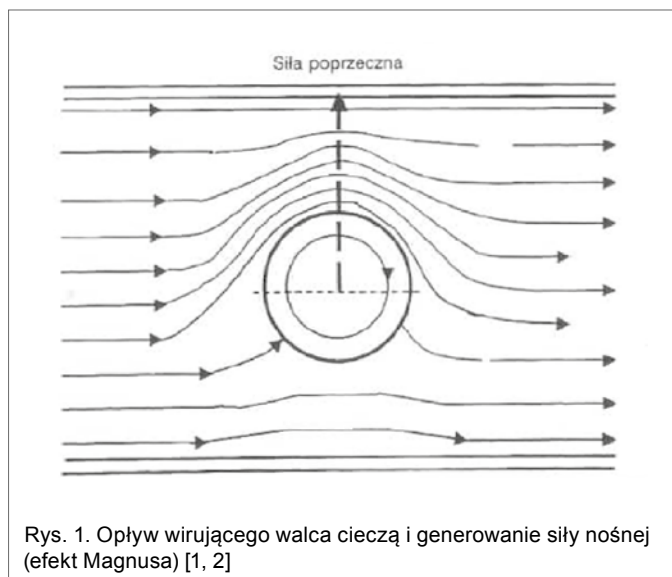
Pełna informacja o fizykochemicznych właściwościach ścieków odróżniających je od wody, do której odnosimy charakterystyki pomp i rurociągów, pozwala na wybór właściwych rozwiązań [8].

Głównym parametrem decydującym o skutecznym transporcie hydraulicznym jest prędkość krytyczna. Prędkość krytyczna określa też optymalny strumień przepływu mieszaniny rurociągiem i pozwala na obliczenie strat hydraulicznych, a więc na opracowanie charakterystyki rurociągu i dobór parametrów pracy pomp.

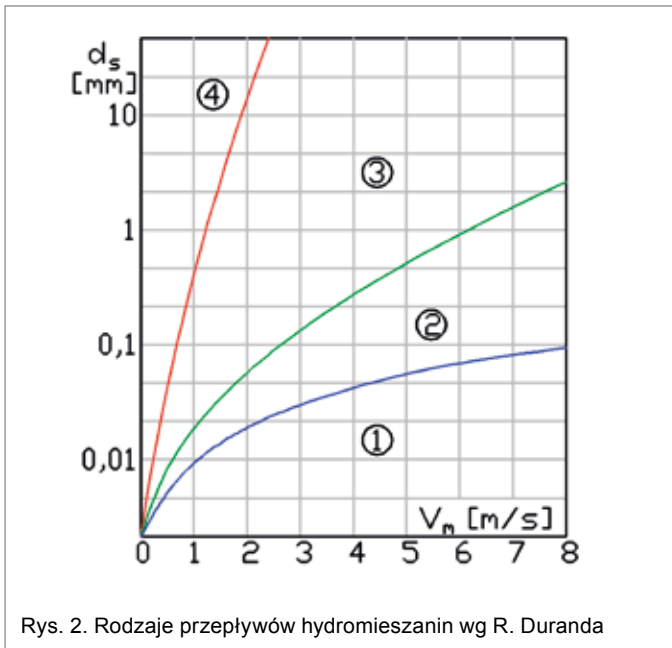
Streszczenie: W artykule omówiono podstawowe zagadnienia związane z rurowym transportem ścieków. Omówiono zależność między okresem cyklu pracy pompowni a objętością zbiornika retencyjnego. Pokazano typowe charakterystyki pomp wyporowych i pomp wirowych oraz zmiany punktu pracy pompowni po zmianie charakterystyki rurociągu. Przedstawiono typowe przepompownie ścieków, wyposażone w pompy wyporowe, pompy wirowe i pompy pneumatyczne. Przedstawiono schemat i opisano przepompownię ścieków nowej konstrukcji, wyposażoną w pompy przeponowe zasilane cieczą pośredniczącą.

SEWAGE PUMPING STATIONS – CONSTRUCTIONS AND CHARACTERISTICS

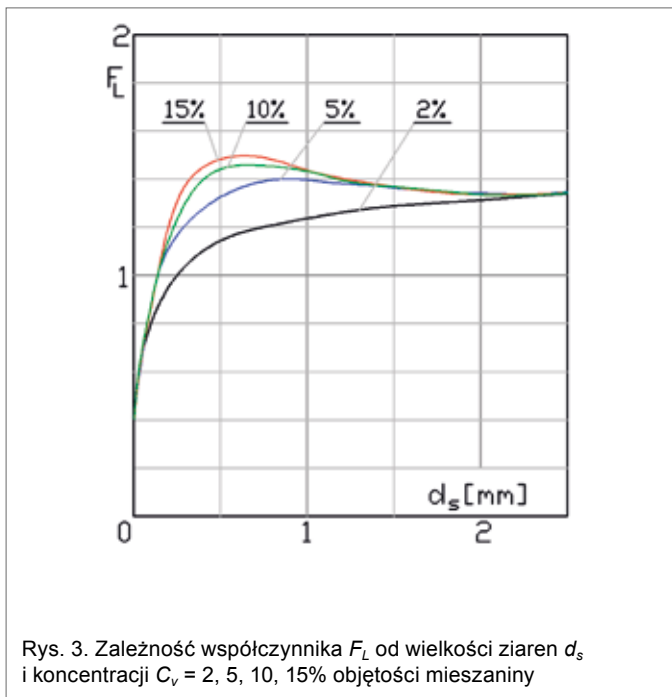
Abstract: The paper presents the basic subjects connected with pipe transport of sewage. The dependence between the period of work of pumping station and a volume of retention reservoir are elaborated. The typical characteristics of positive displacement pumps and centrifugal pumps as well as the changes of the working point of a pumping station after the alteration of the characteristic of a pipeline are shown in the paper. Typical sewage pumping stations equipped with positive displacement pumps, centrifugal pumps and pneumatic pumps are introduced. The paper includes schema and description of the new construction of pumping station equipped with diaphragm pumps which are supplied by intermediary liquids.



Rys. 1. Opływ wirującego walca cieczą i generowanie siły nośnej (efekt Magnusa) [1, 2]



Rys. 2. Rodzaje przepływów hydromieszanin wg R. Duranda

Rys. 3. Zależność współczynnika F_L od wielkości ziarna d_s i koncentracji $C_v = 2, 5, 10, 15\%$ objętości mieszaniny

Ogólnie można wyróżnić cztery, zaznaczone na rys. 2, rodzaje przepływów hydromieszanin w rurociągach poziomych [2]:

1. przepływ homogeniczny;
2. przepływ heterogeniczny;
3. przepływ z ruchomym osadem dennym lub inaczej przepływ przejściowy;
4. przepływ z nieruchomym osadem dennym.

Granice między rodzajami przepływów nie są ścisłe. Na wykresie rys. 2 zaznaczono je liniami, ale granice mają raczej charakter przybliżonego rozdziału przepływów. Przepływ homogeniczny charakteryzuje równomierny rozkład ziaren w przekroju poprzecznym rurociągu poziomego. Przepływ heterogeniczny charakteryzuje nierównomierny rozkład zagęszczenia cząstek stałych, jednakże są one unoszone. Jeżeli w hydromieszance znajdują się ziarna ciał stałych o różnej średnicy, to cząstki

mniejsze mogą być przenoszone strumieniem homogenicznym, a większe heterogenicznym.

Kryterium rozgraniczające przepływ heterogeniczny od przepływu z ruchomym osadem dennym jest zwykle przyjmowane jako równoznaczne z prędkością osadzania, określaną też jako prędkość krytyczna [2].

Na wykresie rys. 3 zamieszczono uzyskane przez R. Duranda zależności współczynnika F_L od wielkości ziaren d_s i koncentracji objętościowej C_v , które pozwalają obliczyć prędkość krytyczną wzorem:

$$v_{kr} = F_L \sqrt{2gD \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}}$$

gdzie: D – średnica rurociągu; ρ_s i ρ_w gęstość solidusu i gęstość wody.

Przepływ ścieków rurociągami ciśnieniowymi jest zjawiskiem złożonym i pomijanie indywidualnej specyfiki każdego przypadku skutkuje nadmiernym kosztem eksploatacji tych obiektów. Np. pominięcie faktu, iż w ściekach sanitarnych mieszanych z burzowymi są istotne ilości piasku, spowodował erozję pomp i ich zniszczenie po rocznej eksploatacji [9]. Sedymentacja zanieczyszczeń stałych i zatykanie rurociągów spowodowały spadek wydajności pomp i nadmierne zużycie energii elektrycznej [10].

2. Objętość zbiornika i wydajność pompowni ścieków

Pracę pompowni ścieków analizuje się na podstawie godzinowego wykresu całkowego [3, 4].

Niezależnie od tego, czy zbiornik przepompowni ścieków jest napływowy – otwarty czy też napływowy – tłoczny, a więc zamknięty, jego wymagana objętość wynika z maksymalnej objętości ścieków gromadzących się w czasie przerwy w pracy pomp. Wydajność pompowni Q_p przyjmujemy równą maksymalnemu godzinowemu dopływowi.

$$Q_p = Q_{h \max} = K_r Q_{h \text{sr}} = K_r \frac{V_{dob}}{T}$$

gdzie: K_r – współczynnik nierównomierności dopływu ścieków; Q_p – wydajność pompowni; $Q_{h \max}$ – maksymalny godzinowy dopływ ścieków; $Q_{h \text{sr}}$ – średni godzinowy dopływ ścieków; V_{dob} – dobowy dopływ ścieków; T – 1 doba.

Objętość czynną zbiornika V przyjmujemy równą maksymalnej objętości ścieków gromadzących się w czasie przerwy w pracy pomp. Przy liczbie „i” włączeń w ciągu godziny gromadząca się objętość ścieków będzie wynosić:

$$V = \frac{T}{24i} \frac{Q_p - Q_h}{Q_p} Q_h$$

Maksymalna objętość ścieków zgromadzi się, gdy:

$$\frac{dV}{dQ_h} = 1 - 2 \frac{Q_h}{Q_p} = 0$$

czyli gdy: $Q_h = \frac{1}{2} Q_p$, a wówczas objętość zbiornika będzie

określona wzorem:

$$V_{zb} = \frac{T}{96i} Q_p = \frac{K_r}{96i} V_{dob}$$

Na rys. 4 pokazano wykres całkowity pracy pompowni ścieków, dla której $K_r = 1,7$, oraz przyjęto liczbę załączeń pomp $i = 3/\text{godz}$. Dla takiego przykładu wydajność pomp powinna

wynosić $V_{zb} = 1,7 \frac{V_{dob}}{T}$, zaś objętość zbiornika $V_{zb} = 0,6\% V_{dob}$

Powyższe zależności przypominamy dla zaakcentowania, iż objętość V_{zb} jest stosunkowo mała w porównaniu do objętości ścieków napływających do przepompowni w ciągu doby.

Współczesną tendencją jest zwiększanie liczby cykli pracy przepompowni ścieków i zmniejszanie objętości zbiornika retencyjnego. Jest to korzystne ze względu na ograniczenie niekorzystnych procesów gnilnych, a też koszty budowy, szczególnie przepompowni ze zbiornikami ciśnieniowymi.

3. Charakterystyki rurociągów i pomp ciśnieniowego transportu ścieków i punkt pracy pompowni

Aktualną tendencją jest założenie, że pompownie ścieków przepompują rurociągiem ciśnieniowym ścieki ze wszystkimi zanieczyszczeniami, jakie się mogą w nich znaleźć, o wymiarach ograniczonych przekrojem rurociągu dopływowego. Wyeliminowanie krat i konieczności usuwania skratek zwiększa komfort obsługi tych obiektów. Jednakże stwarza to problemy, które są rozwiązywane z różnym powodzeniem. Pomijając opisy tych rozwiązań, można stwierdzić, że konsekwencją ich nieskuteczności i losowego zatykania się rurociągu tłocznego jest wzrost strat hydraulicznych i zmiana jego charakterystyki $H_r(Q)$ na znacznie bardziej stromą, co pokazano na wykresie rys. 5.

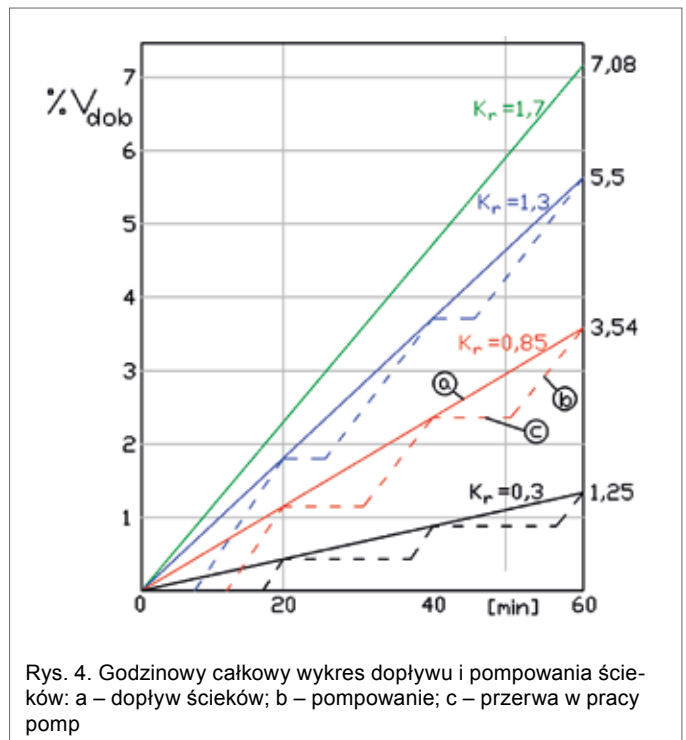
Możliwość zmiany charakterystyki rurociągu powoduje, że punkt pracy $S(Q, H)$ pompowni przesuwają się w różny sposób, zależnie od przebiegu charakterystyki pompy. Na wykresie $H(Q)$ (rys. 5) przedstawiono zmiany punktu pracy pompowni wyposażonej w pompę wporową o charakterystyce $H(Q)_{PT}$ i pompowni wyposażonej w pompę wirową o charakterystyce $H(Q)_{PW}$.

Początkowy punkt pracy pompowni $S_1(Q_1, H_1)$ przesuwają się w przypadku pompy wporowej do punktu $S_2(Q_1, H_1)'$, a w przypadku pompy wirowej do punktu $S_2(Q_1, H_1)''$. O ile wydajność pompy wporowej nie ulega istotnemu zmniejszeniu i warunek przepływu ścieków przy prędkości większej od krytycznej może być zachowany, to w przypadku pompy wirowej może nastąpić istotny spadek jej wydajności, a więc i średniej prędkości przepływu ścieków poniżej ich prędkości krytycznej. Skutkiem tego może być przejście przepływu z heterogenicznego w przepływ z ruchomym, a następnie stałym osadem dennym, a nawet do cyklicznego zapychania się rurociągu tłocznego.

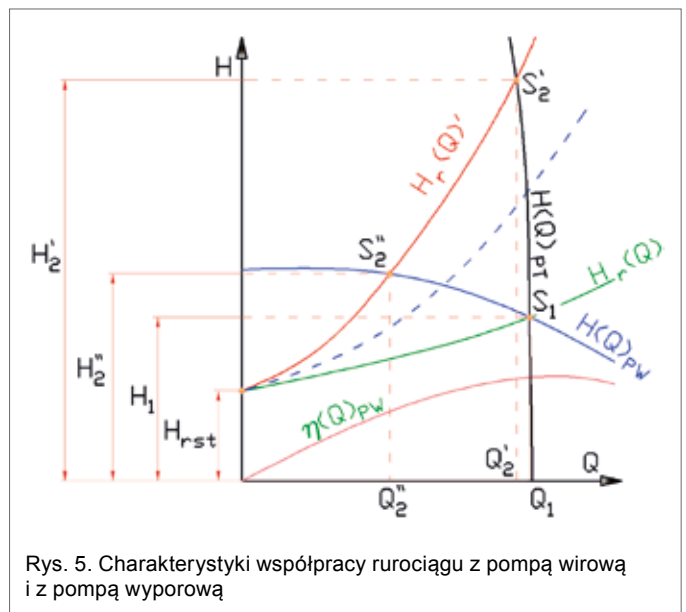
Powyższymi sytuacjami można tłumaczyć znaczne wydłużanie się czasu pracy pomp w cyklu pracy i czasu cyklu, a w konsekwencji nadmierne zużycie energii elektrycznej przez przepompownie ścieków wyposażone w pompy wirowe o płaskiej charakterystyce $H(Q)$ [10].

4. Znane charakterystyczne typy przepompowni ścieków

Każda przepompownia ścieków działa cyklicznie. Jednakże w okresie tłoczenia ścieków w jednym cyklu przepływ rurocią-



Rys. 4. Godzinowy całkowity wykres dopływu i pompowania ścieków: a – dopływ ścieków; b – pompowanie; c – przerwa w pracy pomp



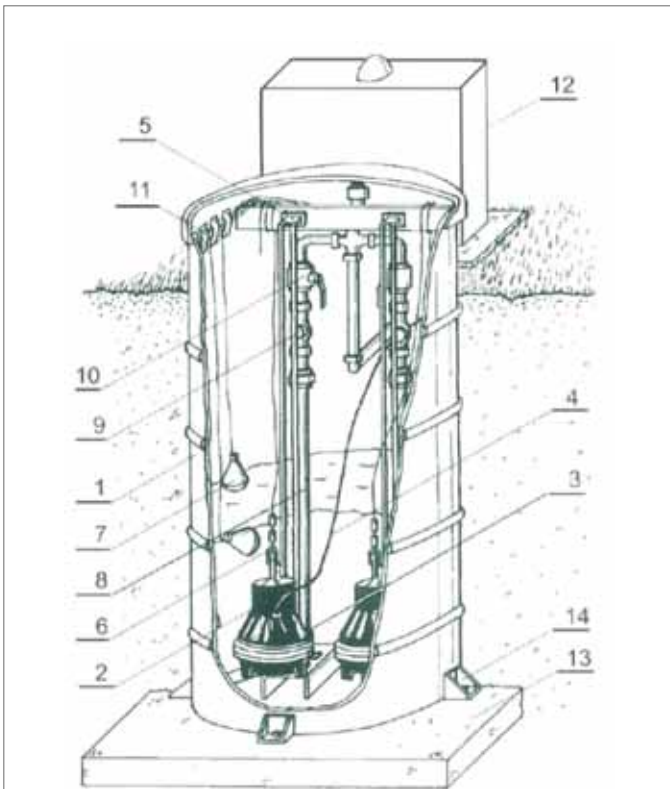
Rys. 5. Charakterystyki współpracy rurociągu z pompą wirową i z pompą wporową

giem tłocznym powinien być możliwie ustalony z prędkością średnią większą od krytycznej. W zależności od zasady działania pompy, przepływ przez nią, a więc i na wlocie do rurociągu tłocznego, ma charakter ciągły lub pulsacyjny. W przypadku pomp tłokowych z napędem mechanizmem korbowym dla wyrównania przepływu pulsacyjnego w króćcu tłocznym stosuje się za pompą powietrznik.

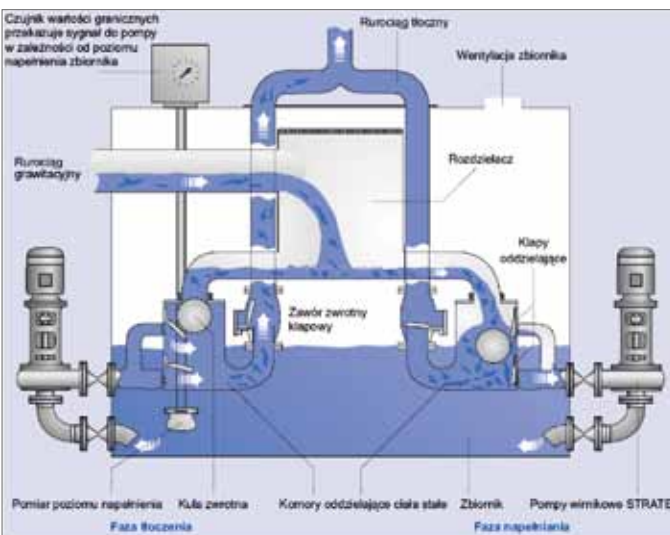
Rozwiązania konstrukcyjne przepompowni ścieków charakteryzują się dużą różnorodnością.

Ogólnie ze względu na zasadę działania pomp można je podzielić na:

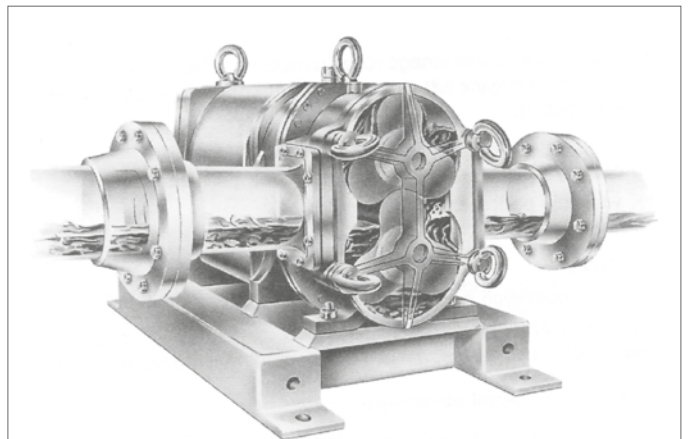
- **przepompownie wyposażone w pompy wirowe**, które dzielimy na:
 - typowe przepompownie zbiornikowe, których przykład pokazano na rys. 6,



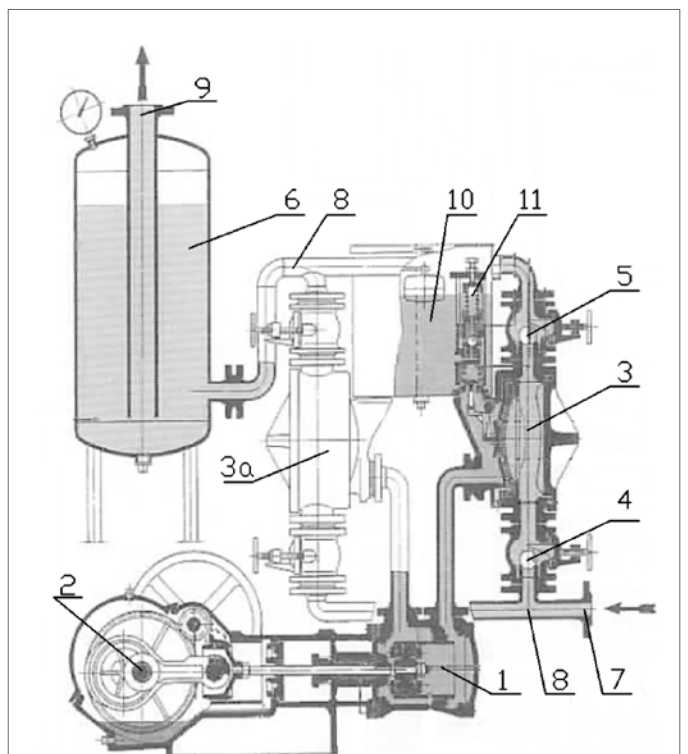
Rys. 6. Zbiornikowa pompownia ścieków wyposażona w pompy wirowe [11]: 1 – obudowa; 2 – pompa; 3 – przyłącze pompy; 4 – kabel zasilająco-sterowniczy; 5 – uchwyt prowadniczy; 6 – wyciąg; 7 – pływak sygnalizujący poziom; 8 – rurociąg tłoczny; 9 – zawór zwrotny; 10 – zawór odcinający; 11 – uchwyt kabli; 12 – panel sterowania; 13 – płyta fundamentowa, mocowanie zbiornika do płyty



Rys. 7. Tłocznia ścieków wyposażona w dwie pompy wirowe odśrodkowe



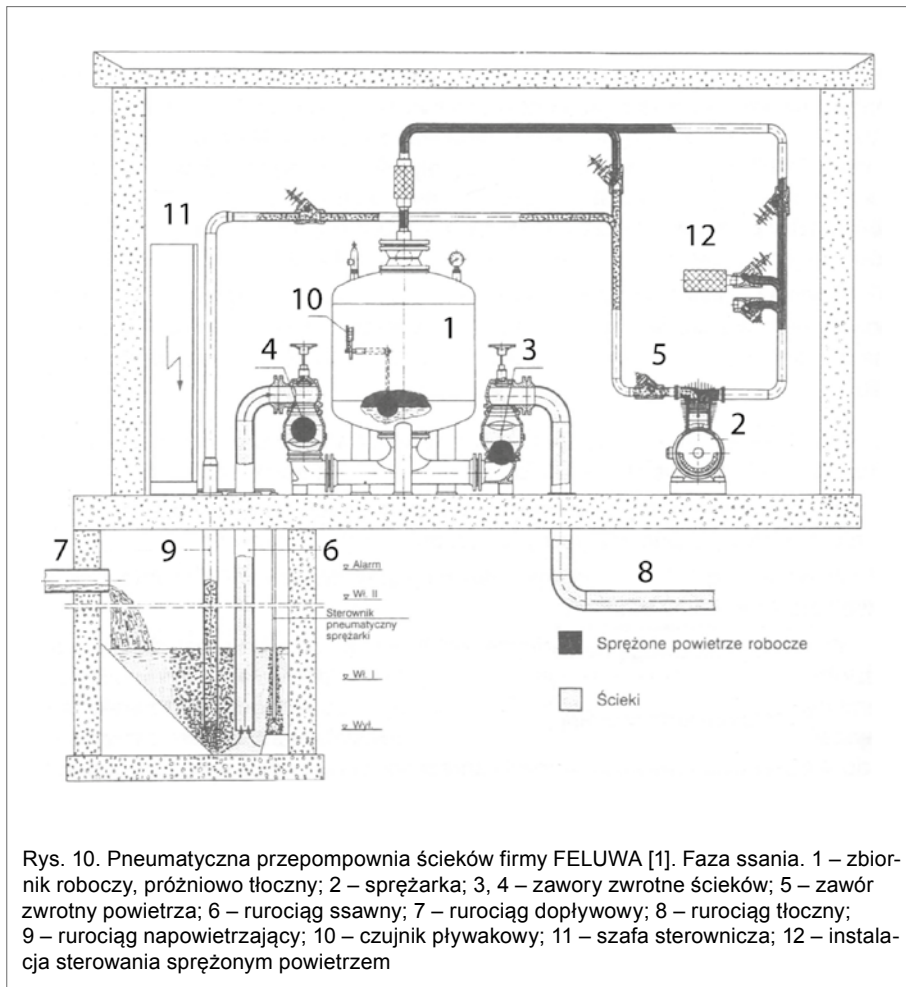
Rys. 8. Rotacyjna wyporowa pompa do ścieków firmy BÖRGER [1]



Rys. 9. Wyporowa, tłokowo-membranowa pompa do ścieków firmy ABEL [1]: 1 – pompa tłokowa dwustronnego działania; 2 – mechanizm korbowy napędu pompy tłokowej; 3 – pompa przeponowa; 4 – zawór wlotowy ścieków; 5 – zawór tłoczny ścieków; 6 – powietrznik; 7 – króciec wlotowy ścieków; 8 – rurociąg tłoczny ścieków; 9 – króciec tłoczny pompowni; 10 – zbiornik oleju; 11 – zawór napływowo-przelewowy oleju

- wyposażone w pompy tłokowe lub nurnikowe, napędzane przez mechanizm korbowy, zasilające cieczą pośredniczącą pompy przeponowe lub przewodowe (perystaltyczne), które wymagają zastosowania po stronie tłocznej powietrznika, rys. 9;
- **przepompownie pneumatyczne**, które dzielimy na:
 - tłoczące,
 - ssąco-tłoczące, rys. 10,
 - ssące.

- tak zwane tłocznie ścieków, których przykład pokazano na rys. 7;
- **przepompownie wyposażone w pompy wyporowe**, które dzielimy na:
 - wyposażone w pompy rotacyjne, np. pokazaną na rys. 8, których wydajność w czasie cyklu pracy waha się nieznacznie,



Najczęściej stosowaną przepompownię zbiornikową wyposażoną w dwie pompy odśrodkowe pokazano na rys. 6. Jak nadmieniono wyżej, w przepompowniach ścieków współcześnie nie stosuje się krat zatrzymujących większe zanieczyszczenia mechaniczne, więc odpowiednie konstrukcje pomp mają za zadanie przepompować ścieki ze wszystkimi zanieczyszczeniami, jakie dopłyną grawitacyjnie do zbiornika przepompowni. W przypadku większych zanieczyszczeń mechanicznych, które mogłyby zatykać kanały międzyłopatkowe wirników, stosuje się wirniki z przecinakami na wlocie, rozdrabniającymi większe zanieczyszczenia. Skutecznym sposobem rozdrabniania cząstek stałych jest zastosowanie osobnego rozdrabniacza o odpowiedniej wydajności. Przy odpowiednio dużej wydajności przepompowni stosuje się pompy z wirnikami kanałowymi o dużych przekrojach kanałów przepływowych.

Drugim kierunkiem dostosowania pompowni do przetłaczania zanieczyszczeń mechanicznych ścieków jest zastosowanie tłoczni ścieków z napływo-ciśnieniową komorą sedymentacyj-

ną. Schemat takiej tłoczni pokazano na rys. 7. Przy zatrzymanej pompie zanieczyszczenia mechaniczne osadzają się w komorze za pompą, zatrzymane kratką o odpowiednim prześwicie otworów, a odsączone ścieki spływają przez pompę do zbiornika dolnego. Po uruchomieniu pompy zamyka się zawór zwrotny napływowo a otwiera się zawór zwrotny na wlocie do rurociągu tłoczego. Tłoczone przez pompę odsączone ścieki ze zbiornika dolnego porywają do rurociągu tłoczego zanieczyszczenia mechaniczne z komory sedymentacyjnej. W rezultacie zanieczyszczenia, które mogłyby zatykać kanały przepływowe pompy, omijają ją.

Jednakże tłocznie ścieków wyposażone w pompy wirowe odśrodkowe, podobnie jak typowe przepompownie zbiornikowe, reagują istotnym spadkiem wydajności (i sprawności) na wzrost oporów hydraulicznych w rurociągu tłocznym. Ze względu na możliwość zwiększenia strat hydraulicznych w rurociągu tłocznym, spowodowaną zatykaniem rurociągu, korzystniejsze są pompy wyporowe o prawie pionowej charakterystyce $H(Q)$. Przykładem konstrukcji takiej pompy

jest pokazana na rys. 8 pompa rotacyjna. Pompy tego typu, podobnie jak pompy wrzecionowe typu MONO, mają trwałość istotnie zależną od rodzaju zanieczyszczeń mechanicznych, które zawierają pompowane ścieki. Na rysunku 8 pominięto pozostałe typowe elementy pompowni ścieków, jak zbiornik retencyjny, zawory i układ sterowania napędem pompy.

Na rys. 9 przedstawiono pompę tłokowo-membranową firmy ABEL. Pompa tłokowa dwustronnego działania tłoczy ciecz pośredniczącą (olej lub emulsję) do dwóch naprzemian działających pomp przeponowych. Pompy przeponowe tłoczą ścieki do powietrznika, w którym następuje wyrównanie przepływu ścieków wpływających do rurociągu tłocznego. Nadmiar i deficyt cieczy pośredniczącej w jej obiegu zamkniętym jest wyrównywany przez zawory przelewowo-napływowe ze zbiornika tej cieczy.

Istotną grupę typów konstrukcji przepompowni ścieków stanowią przepompownie pneumatyczne. W pneumatycznych przepompowniach ścieków czynnikiem roboczym jest sprężone powietrze, które wypiera ścieki ze zbiornika ciśnieniowego. Napływ ścieków do zbiornika ciśnieniowego może być grawitacyjny lub może być wspomagany podciśnieniem wywołanym w tym zbiorniku przez ssanie kompresora. Przykład typowej pneumatycznej przepompowni ścieków w fazie ssania pokazano na rys. 10 [1]. Ze względu na obieg powietrza przepompownie pneumatyczne można podzielić na wykorzystujące energię zawartą w sprężonym powietrzu po zakończeniu fazy tłoczenia lub z wydmuchem tego powietrza do otoczenia. Oczywiście te pierwsze uzyskują wyższe sprawności. Pompownie pneumatyczne są najczęściej wyposażone w sprężarki z wirującym pierścieniem wodnym, które mają też zdolność do wytwarzania podciśnienia,

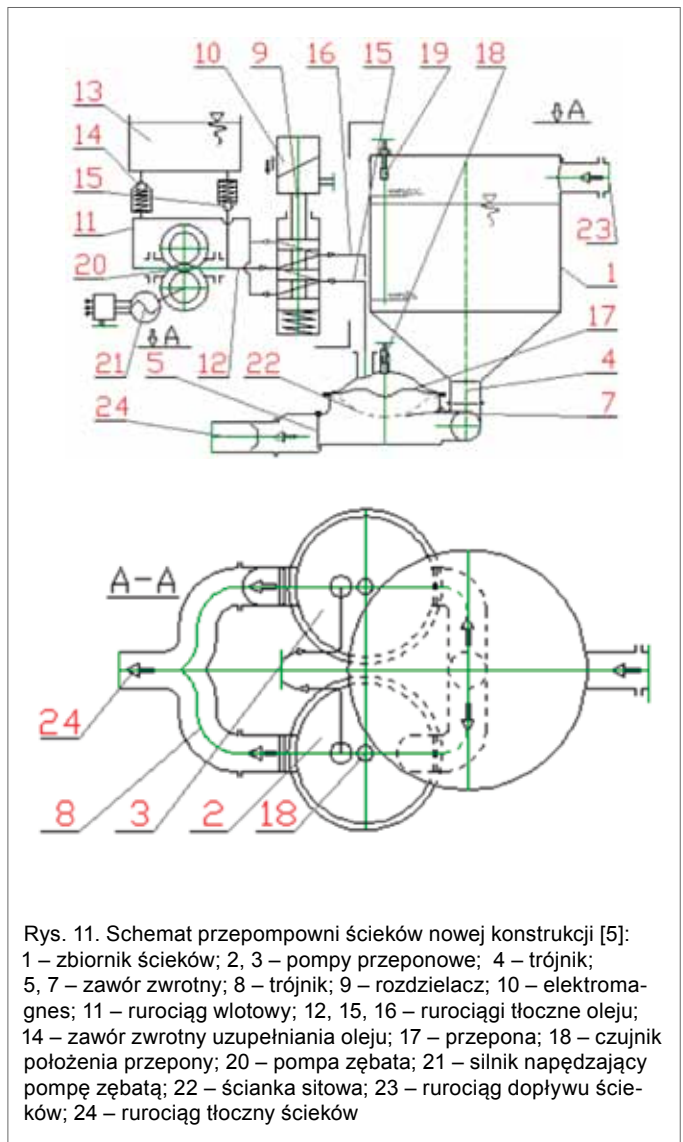
Zaletą pneumatycznych przepompowni ścieków jest możliwość dysponowania w nich sprężonym powietrzem, wykorzystywanym również do napowietrzania ścieków oraz – przy odpowiednich parametrach sprężarek – do przedmuchiwania rurociągow.

Z ogólnej oceny kosztów budowy poszczególnych typów przepompowni wynika, że najniższe koszty są związane z budową przepompowni zbiornikowych, a niewątpliwie najdroższe są przepompownie wyposażone w pompy tłokowe. W rezultacie liczba zastosowanych przepompowni zbiornikowych z pompami wirowymi jest największa.

5. Przepompownia ścieków nowej konstrukcji

Obecnie w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej są prowadzone prace nad przepompownią ścieków, w której zastosowano obieg cieczy pośredniczącej zasilającej pompy przeponowe do ścieków, a krążenie cieczy pośredniczącej w obiegach zamkniętych jest wymuszone pompą wyporową rotacyjną, np. zębatą. Ponieważ w projektowanej przepompowni do pompowania cieczy pośredniczącej zastosowano pompę wyporową o praktycznie stałej wydajności, zapewnia to również stały strumień ścieków wypieranych przez pompy przeponowe w każdym cyklu pracy. Zastosowanie dwóch na przemian działających pomp przeponowych zapewni praktycznie stałą średnią prędkość przepływu ścieków w rurociągu tłocznym.

Zastosowanie w obiegach cieczy pośredniczącej maszyn i urządzeń stosowanych w hydraulice siłowej i praca tych elementów w obiegach przepompowni ścieków przy ciśnieniach



Rys. 11. Schemat przepompowni ścieków nowej konstrukcji [5]: 1 – zbiornik ścieków; 2, 3 – pompy przeponowe; 4 – trójnik; 5, 7 – zawór zwrotny; 8 – trójnik; 9 – rozdzielacz; 10 – elektromagnes; 11 – rurociąg wlotowy; 12, 15, 16 – rurociągi tłoczne oleju; 14 – zawór zwrotny uzupełniania oleju; 17 – przepona; 18 – czujnik położenia przepony; 20 – pompa zębata; 21 – silnik napędzający pompę zębatą; 22 – ścianka sitowa; 23 – rurociąg dopływu ścieków; 24 – rurociąg tłoczny ścieków

o rząd niższych niż w napędach hydraulicznych spowoduje, że w obiegach przepompowni ścieków ich niezawodność i trwałość będzie bardzo wysoka.

Schemat przepompowni ścieków wg nowej koncepcji przedstawiono na rysunku 11.

Przepompownia ścieków nowej konstrukcji [5], dzięki zapewnieniu skutecznego zasilania ściekami komór roboczych pomp przeponowych oraz ich przepływu w rurociągu tłocznym przy prawie stałej prędkości średniej, będzie pracować bez zaburzeń spowodowanych zatykaniem rurociągu tłocznego. Takie działanie zapewnia praktycznie pionowa charakterystyka $H(Q)$ (pokazana na wykresie rys. 5) wyporowych pomp zębatych cieczy pośredniczącej, a więc i przeponowych pomp do ścieków. Grawitacyjny dopływ ścieków do komór roboczych pomp przeponowych może być wspomagany podciśnieniem wytworzonym przez pompę przeponową.

Podsumowanie

Transport ciśnieniowy ścieków jest ważnym działem szeroko pojętej techniki pompowej. Różnorodność możliwych rozwiązań tego samego zadania powoduje konieczność ich optymalizacji. Z przykładów różnych warunków i parametrów eksploatacji

tych obiektów wynika, że na etapie projektowania powinno się rozpatrywać ich szersze spektrum, nie poprzestając tylko na parametrach nominalnego punktu pracy i cenie przepompowni. Należy rozpatrzyć wpływ prognozowanego składu pompowanych ścieków na możliwe zmiany charakterystyki rurociągu, którego schemat powinien być możliwie prosty, z minimalną liczbą kolan o odpowiednio dużych promieniach krzywizny i oczywiście bez rozgałęzień.

Z drugiej strony katalog możliwych rozwiązań przepompowni ścieków i urządzeń wspomagających ich prace nie jest zamknięty. Przed konstruktorami stoją możliwości dalszych poszukiwań. Nowe możliwości stwarza rozwój układów napędów i sterowań elektrycznych, hydraulicznych i pneumatycznych, jak też nowe tworzywa konstrukcyjne i technologie produkcji.

Literatura

- [1] WEISMAN D.: *Komunalne przepompownie ścieków*. Wyd. Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa 2001, s. 376.
- [2] PALARSKI J.: *Hydrotransport*. WNT, Warszawa 1982, s. 418.
- [3] GABRYSZEWSKI T.: *Wewnętrzne instalacje wodociągowe i kanalizacyjne*. Wyd. Arkady, Warszawa 1966.
- [4] Praca zbiorowa: *Wodociągi i kanalizacja*, Seria: *Nowa technika w inżynierii sanitarnej*. Nr. 5. Wyd. Arkady, Warszawa 1975.
- [5] KORCZAK A., CHMIELNIAK T., KUŚ K., PECZKIS G.: *Przepompownia ścieków*. Zgłoszenie patentowe. Nr P-387578. 2009.
- [6] KORCZAK A., ROKITA J.: *Pompy i układy pompowe*. Wyd. III, poprawione i uzupełnione. Skrypt Pol. Śl. nr 1967. Gliwice 1997.
- [7] KORCZAK A., ROKITA J.: *Pompy i układy pompowe. Obliczenia i projektowanie*. Wyd. II, poprawione i uzupełnione. Skrypt Pol. Śl. nr 2034. Gliwice 1997, s. 440.
- [8] WOŹNIAK W.: *Zastosowanie tłoczni ścieków w kanalizacji ciśnieniowej*. „Inżynier Budownictwa” 2/2012, s. 48–52.
- [9] KORCZAK A., KUROWICZ M.: *Przyczyny nadmiernie szybkiego eksploatacyjnego zużycia pomp typu MONO*. IV Konferencja nt. PIRE 2001. Wrocław – Duszniki Zdrój. Listopad 2001.
- [10] PIECHURSKI F.: *Energetyczna ocena pracy tłoczni z separacją ciał stałych. Energetyczne aspekty odprowadzania i oczyszczania ścieków*. Politechnika Śląska, Instytut Inżynierii Wody i Ścieków. Zakład Szczyrk 2008, s. 41–54.
- [11] RYDZYŃSKI R., RYDZYŃSKI M.: *Nowoczesne pompownie ścieków*. „Pompy – Pompownie”, nr 120, Wrocław, 2006, s. 39–42.

dr hab. inż. Andrzej Korczak – prof. nzw Pol. Śl.,
dr inż. Grzegorz Peczkis – Instytut Maszyn i Urządzeń
Energetycznych Politechniki Śląskiej

artykuł recenzowany

reklama

