

## HIDRAULINIŲ SMŪGIŲ ANALIZĖ SLĖGINIUOSE NUOTEKŲ TINKLUOSE

Aleksandr Nevdach<sup>1</sup>, Mindaugas Rimeika<sup>2</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas,  
Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra*

*El. p. <sup>1</sup>aleksandr.nevdach@stud.vgtu.lt; <sup>2</sup>mindaugas.rimeika@vilniustech.lt*

**Anotacija.** Šiame straipsnyje nagrinėjamas hidraulinio smūgio susidarymas, jo atsiradimo priežastys, apžvelgiami hidraulinių smūgių sumažinimo būdai. Straipsnyje pateikiami hidraulinio smūgio teoriniai pagrindai ir skaičiavimo metodika. Hidrauliniams smūgiui analizuoti ir apsaugos priemonėms parinkti sudaromas nuotekų slėginės linijos hidraulinis modelis. Tyrimai atliekami veikiančiuose nuotekų slėginuose tinkluose. Hidraulinio smūgio nuotekų tinkluose prevencijai naudojami slėgio bangos slopinimo priemonės, padedančios išvengti avarių tinkle ir prailginančios tinklų eksploatavimo trukmę.

**Reikšminiai žodžiai:** hidraulinis smūgis, hidraulinis modeliavimas, hidraulinio smūgio prevencija.

### Įvadas

Slėginuose nuotekų tinkluose dažnai atsiranda nenustatytas skysčio tekėjimas, nes kiekviename skysčio taške greičio dydis ir kryptis kinta (Kay, 2008; Ellis, 2008). Toks nenustatytas vandens tekėjimas yra dažnas tiek vandentiekio, tiek slėginuose nuotekų tinkluose. Dažniausiai hidraulinių smūgių sukelia šios priežastys:

- gaisrinių hydrantų naudojimas;
- vamzdyne atsiradęs oras;
- elektros energijos dingimas;
- siurblio paleidimas ar sustabdymas;
- vamzdyno pildymas ar ištuštinimas;
- staigus tinkle esančios sklendės uždarymas.

Staigiai keičiantis vandens greičiui vamzdynuose, nuotekų tinkle atsiranda slėgio svyravimai, galintys suardyti vamzdžių sienes. Staigus slėgio padidėjimas arba sumažėjimas vamzdyje, kai staigiai kinta skysčio tekėjimo greitis, vadinamas hidrauliniu smūgiu (Wichowski, 2006).

Hidraulinis smūgis būna teigiamas arba neigiamas (Pothof ir Karney, 2012). Pavyzdžiui, uždarant sklendę, iš inercijos skystis dar kurį laiką teka link sklendės, čia jis tarsi „susispaudžia“, ir slėgis staiga padidėja – gaunamas teigiamas hidraulinis smūgis. Šiuo atveju papildomas slėgis gali daug kartų viršyti pradinį slėgį vamzdyje arba

sistemoje. Dėl to gali įvykti avarijos: sutrūkti vamzdžiai, sugesti sistemos hidrauliniai aparatai ir prietaisai. Staiga paleidus skystį tekėti vamzdžiu, pavyzdžiui, atidarius sklendę, gaunamas neigiamas hidraulinis smūgis. Šiuo atveju sistemoje dėl staigaus slėgio sumažėjimo gali susidaryti didelis vakuumas ir pasireikšti kavitacijos reiškiniai (Ludecke ir Kothe, 2006). Hidraulinis smūgis yra kasdienė tinklų eksploatavimo problema, tačiau moksliniu požiūriu tai retai nagrinėjama tema.

### Hidraulinio smūgio teoriniai pagrindai

Hidraulinis smūgis yra slėgio padidėjimas kliūtis vietoje ir atsiradusios slėgio bangos sklindimas išilgai vamzdžio. Dėl staigumo ši banga dar vadinama smūgine arba smūgio banga (Kay, 2008). Slėgio banga sklinda dviem kryptimis. Kai tik banga pasiekia vamzdyno pabaigą, ji grįžta atgal ir sklinda kliūtis link. Šis bangos ciklo judėjimas vamzdžiu pirmyn ir atgal gali trukti kelias minutes, kol dėl trinties slėgis sumažėja iki normalaus, o banga galiausiai sustoja.

Slėgio padidėjimas hidraulinio smūgio metu priklauso nuo to, ar greitai vanduo tekėjo vamzdžiu ir ar greitai buvo uždaryta sklendė. Tačiau, priešingai negu yra dažnai manoma, slėgio padidėjimas hidraulinio smūgio metu visiškai nepriklauso nuo tinkle palaikomo slėgio

(Kay, 2008). Pagrindiniai hidraulinio smūgio parametrai yra du: slėgio padidėjimas  $\Delta p$  ir smūgio bangos sklaidimo greitis  $c$  (Ellis, 2008). Slėgio svyravimai gali būti apskaičiuojami pagal Nikolajaus Žukovskio 1989 m. parengtą skaičiavimo metodiką.

Dauguma inžinerinių siurblių projektuotojų yra susipažinę su tokiais terminais kaip *hidraulinis smūgis*, *slėgio viršįtampis*. Klausimas, ar būtina projektavimo etape įvertinti netolygaus srauto, sukeliančio hidraulinių smūgių, analizę, yra dviprasmiškas. Nepalankiomis sąlygomis žala, kurią sukelia hidraulinis smūgis, galima padaryti, jei vamzdžio ilgis yra didesnis nei 100 m, o debitas – tik keli litrai per sekundę.

Tinkamos hidraulinės apsaugos komponentų vykdomos šoko ir slėgio bangos, tokios kaip oro pagalvė, siurblio smagratis ir oro vožtuvai (vakuomo suskaidymas), ilgą laiką naudojamos technologijoje. Vokietijos dujų ir vandens pramonės asociacija skelbia, kad, kuriant ir prižiūrint vandens tiekimo sistemas, būtinai reikia atsižvelgti į slėgio impulsus, nesilaikant reikalavimų galima patirti didelių nuostolių. Tai reiškia, kad, norint išvengti hidraulinio smūgio pavojaus, reikia atlikti slėgio pulsacijų analizę kiekviename vamzdinių tinkle. Tinklui gresia hidraulinis smūgis.

Priklausomai nuo slėgio svyravimų, hidrauliniai smūgiai skirstomi į teigiamus arba neigiamus:

- *Teigiamasis* slėgis susidaro, kai slėgis vamzdyne labai padidėja, vamzdžio gale staiga užsidarius sklendei arba paleidžiant siurbį. Dėl vamzdyje padidėjusio slėgio gali įvykti avarijos, sutrūkti vamzdžiai, sugesti sistemos hidrauliniai aparatai ir prietaisai.
- *Neigiamasis* slėgis atsiranda, kai vandens tekėjimo greitis labai padidėja staiga užsidarius sklendei vamzdžio pradžioje, staiga sustabdžius siurbį arba atidarius sklendę vamzdžio gale.

### Matematinis modeliavimas hidrauliniams smūgiui

Šiuolaikinėje matematikos teorijoje kiekvieno atskiro tinklo modeliavimas apibūdinamas dviejų dalinių diferencialinių lygčių sistemų deriniais. Modeliuojami šie parametrai: slėgis  $p$ , greitis  $v$ , laikas  $t$ ; vamzdžių ilgis yra kintamasis dydis.

Energijos nuostoliai dėl trinties, vamzdyno ir atramų deformacijos yra šiek tiek didesni, nei prognozuojama atlikus modeliavimą.

Laikas, per kurį slėgio banga nukeliauja iki kliūtis (pvz., sklendės) ir grįžta atgal, apskaičiuojama pagal formulę (Ellis, 2008; Savic ir Banyard, 2011):

$$T_f = \frac{2L}{c}, \quad (1)$$

čia  $L$  – vamzdžio ilgis, m;  $c$  – hidraulinio smūgio bangos sklaidimo greitis, m/s.

Slėgio padidėjimas hidraulinio smūgio metu priklauso nuo to, ar greitai nuotekos tekėjo vamzdžiu ir ar greitai buvo uždaryta sklendė. Slėgio svyravimai gali būti apskaičiuoti pagal Nikolajaus Žukovskio 1989 m. atrastą formulę (Ludecke ir Kothe, 2006; Pothof ir Karney, 2012; Savic ir Banyard, 2011; Tijsseling ir Anderson, 2006):

$$\Delta p = \rho \cdot c \cdot \Delta v \left[ \frac{N}{m^2} \right], \quad (2)$$

čia  $\Delta p$  – slėgio svyravimai, vamzdyne pasikeitus vidutiniam tėkmės greičiui, N/m<sup>2</sup>;  $\rho$  – vamzdynu tekančio skysčio tankis (vandens 1000 kg/m<sup>3</sup>, kg/m<sup>3</sup>;  $c$  – hidraulinio smūgio bangos greitis išilgai vamzdyno, (m/s);  $\Delta v$  – vandens tekėjimo greičio sumažėjimas:  $\Delta v = v_1 - v_2$ , m/s;  $v_1$  – skysčio tekėjimo greitis vandenyje iki kliūtis atsiradimo;  $v_2$  – vandens tekėjimo greitis išsiurbiant.

Vamzdžio sienelių standumas, smūgio bangos greitis  $c$  lygus garso greičiui skystyje nuo 600 iki 1400 m/s arba apskaičiuojamas pagal formulę (Ludecke ir Kothe, 2006; Pothof ir Karney, 2012; Savic ir Banyard, 2011; Tijsseling ir Anderson, 2006):

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho} \cdot \left( \frac{c_1 \cdot D}{e \cdot E} + \frac{1}{K} \right)}, \quad (3)$$

čia  $c$  – hidraulinio smūgio bangos greitis išilgai vamzdyno, m/s;  $\rho$  – vamzdynu tekančio skysčio tankis, kg/m<sup>3</sup>;  $C_1$  – koeficientas, priklausantis nuo vamzdžio tvirtumo;  $E$  – vamzdžio elastingumo modulis, N/m<sup>2</sup>;  $e$  – vamzdžio sienutės storis, m;  $D$  – vamzdžio skersmuo, m;  $K$  – vandens elastingumo modulis, N/m<sup>2</sup>.

Greitis priklauso ir nuo vamzdžio skersmens bei medžiagos, nes vienos medžiagos energiją perduoda geriau negu kitos.

Slėgio aukščio pokytis gali būti apskaičiuojamas pagal šią formulę (Kay, 2008; Ludecke ir Kothe, 2006):

$$\Delta h = \frac{cv}{g}, \quad (4)$$

čia  $\Delta h$  – slėgio aukščio pokytis (m.v.st. – vandens stulpo metrai);  $c$  – hidraulinio smūgio bangos greitis, m/s;  $v$  – vandens tėkmės greitis, m/s;  $g$  – gravitacijos konstanta, 9,81 m/s<sup>2</sup>.

## Hidraulinio smūgio apsaugos priemonės

Apsaugos nuo hidraulinio smūgio priemonė – kelio užkirtimas kinetinės energijos virsmui į elastinę deformacijos energiją. Tai įmanoma padaryti laikantis šių pagrindinių principų:

- energijos kaupimas;
- oro šalinimas iš sistemos;
- uždarymo vožtuvo charakteristikų optimizavimas;
- valdymo algoritmo optimizavimas vamzdinių sistemai.

Naudojant hidropneumatinę talpyklą, energija kaupiama slėginės energijos pavidalu, o jei įdiegtas smagračio siurblys, energija kaupiama kaip besisukančios inercinės masės energija.

Sukaupta energija vartojama pastoviai srauto kryptį palaikyti gana ilgą laiką ir laipsniškai lėtai mažinti srauto greitį dėl energijos išsisklaidymo (išsklaidymo), tokiu būdu mažinamas staigus slėgio kritimas. Hidropneumatinei talpykla yra integruota už siurblio nuotekų sistemoje, tad jie neleidžia įvykti greitims slėgio svyravimams ne tik dėl energijos išsisklaidymo (išsklaidymo), bet ir dėl energijos priėmimo (kaupimo).

Hidropneumatinės talpyklos turis nėra vienintelis lemiamas veiksnys.

Kad būtų užtikrintas pastovus ir teisingas užpildymo lygis, prie kompresoriaus įrengiami jutikliai, kurie prireikus įjungs arba išjungs kompresorių. Membraniniai oro rezervuarai (akumulatoriai) prieš montuojant paprastai sureguliuojami iš anksto, pumpuojant suslėgtą orą į talpyklą.

## Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimų metu slėginiuose nuotekų tinkluose įrengiami slėgio matavimo prietaisai. Matavimo metu fiksuojami slėgio bangos svyravimai, tinklui veikiant įprastai. Hidraulinis smūgio modeliavimas atliktas naudojant kompiuterinę programą.

Nuotekų slėginėje linijoje slėgį matuojame keliose vietose. Slėgis matuojamas siurblinėje ir tinkle. Matavimo prietaisas prijungiamas prie oro šalinimo vožtuvų drenavimo vietoje. Matavimas atliekamas su specialiu prietaisu. Atliekamas hidraulinės linijos modeliavimas, siekiant patikrinti, kaip veikia slėginiai nuotekų tinklai.

Hidraulinio modeliui parengti naudojama „Bentley Water Hammer“ programa.

Matavimo dažnumas yra esminis veiksnys, ar pavyks išmatuoti hidraulinius smūgius. Didžioji dalis šalyje naudojamų slėgio matavimo prietaisų yra netinkami stai-

giems slėgio svyravimai matuoti. Hidraulinis smūgis turi būti matuojamas kuo dažniau.

Duomenys fiksuojami kas 0,04 s (25 kartai per 1 s). Kai duomenys fiksuojami kas 1 s, svyravimų nebelieka ir gaunama tiesi linija, ir galima teigti, kad hidraulinis smūgis visai neįvyko. Su šia problema, kai hidraulinis smūgis įvyksta, bet matavimo įranga jo neišmatuoja, susiduria daugybė inžinierių, eksploatuojančių nuotekų slėginius tinklus. Tai trukdo priimti teisingus sprendimus ir tinkamai eksploatuoti tinklą.

Vienas iš būdų parinkti efektyviausią hidraulinio smūgio slopinimo priemonę yra modeliavimas. Sudarytas hidraulinis tinklo modelis suteikia galimybę parinkti vieną ar kelias priemones, padedančias sėkmingai valdyti tinkle vykstančius slėgio svyravimus ir taip padidinti tinklo eksploatavimo laiką.

Tyrimo metu analizuojama esama nuotekų siurblinė, kuri surenka nuotekas ir perpumpuoja jas į valymo įrenginius. Išmatavus slėgio svyravimus ir parengus hidraulinių modelių, analizuojami duomenys.

Pagrindiniai nuotekų siurblinės parametrai:

- $Q_d$  – 2400 m<sup>3</sup>/d.;
- $Q_{val}$  – 168 m<sup>3</sup>/h;
- $H \approx 50$  m.v.st.,

čia  $Q_d$  – debitas per dieną;  $Q_{val}$  – debitas per valandą;  $H$  – slėgio perkritis; m<sup>3</sup>/d. – nuotekų kiekis per dieną; m<sup>3</sup>/h – nuotekų kiekis per valandą; m.v.st – slėgio perkritis tarp įtekėjimo ir ištekėjimo.

Siekiant nustatyti, kaip kinta slėgis nuotekų linijos modelyje, nagrinėjami trys siurblio paleidimo ir stabdymo scenarijai:

- siurblio paleidimas;
- siurblio stabdymas po 10 s;
- avarinis siurblio stabdymas.

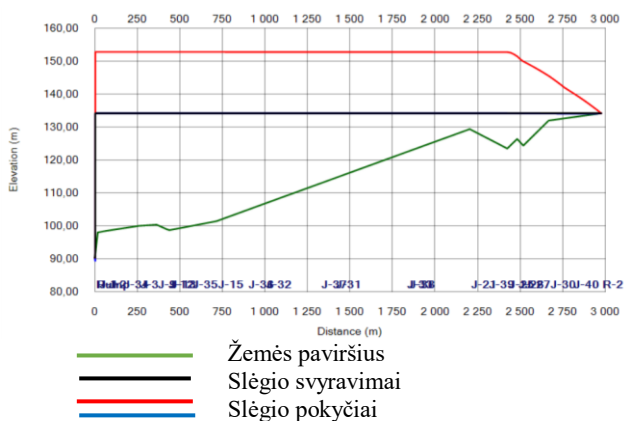
Šie scenarijai pasirinkti būtent dėl to, kad jie realiame gyvenime dažnai pasitaiko ir sukelia grėsmę vertinant nuotekų tinklo veikimą. 10 s laikotarpis pasirinktas dėl to, kad slėgio perkritį per trumpesnę laikotarpį įvertinti sunku.

## Rezultatų apibendrinimas

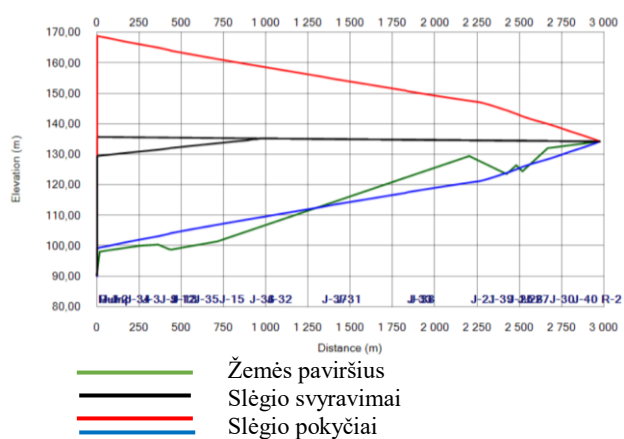
Analizuojame slėginės nuotekų linijos siurblio paleidimą, veikiant įprastai be jokių apsaugos priemonių.

Paleidžiant siurblių raudona linija rodo slėgio padidėjimą (1 pav.). Didžiausias slėgio svyravimas nustatytas ties siurbline – nuo 90 iki 152 m.v.st. (6,2 bar).

Slėginės nuotekų linijos siurblys stabdomas po 10 s. Mėlyna linija modeliavimo metu nusileido žemiau žemės paviršiaus, vadinasi, tinkle pradėjo kauptis oras ir susidarė vakuumas (2 pav.). Didžiausias slėgio svyravimas yra ties siurbline – nuo 90 iki 168 m.v.st. (7,8 bar).

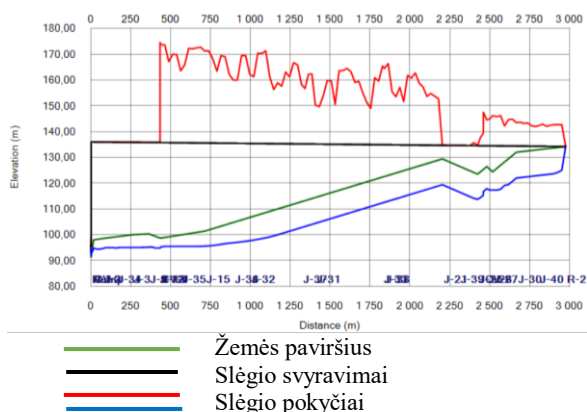


1 paveikslas. Slėgio svyravimai paleidžiant siurblių



2 paveikslas. Slėgio svyravimai stabdant siurblių po 10 s

**Slėginės nuotekų linijos avarinis siurblio stabdymas.** Analizuodami avarinio siurblio stabdymo scenarijų matome (3 pav.) didžiausius slėgio svyravimus (raudona linija) ir susidarantį vakuumą visame nuotekų tinkle (mėlyna linija žemiau žemės paviršiaus). Didžiausias slėgio svyravimas nustatytas nuo 91 iki 175 m.v.st. (8,4 bar).



3 paveikslas. Slėgio svyravimai įvykus siurblio stabdymo avarija

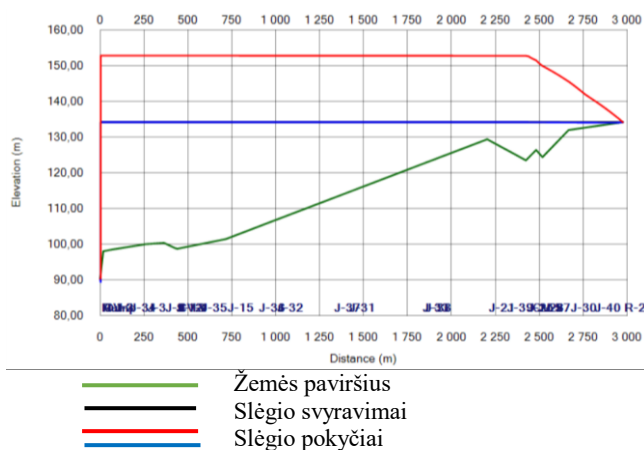
Atlikus hidraulinio smūgio imitaciją, slėgio svyravimai buvo užfiksuoti matavimo duomenų grafikuose (1–3 pav.). Čia pateikti trijų matavimo scenarijų duomenys. Grafikuose matomi ryškūs slėgio padidėjimai.

Hidraulinio smūgio susidarymo vietose – siurblinėse – slėgio svyravimai mažėja. Įjungus siurblių, slėgis staiga pakyla, o matavimo taške jis nusistovi maždaug per 60 s. Tačiau, išjungus siurblių, hidraulinio smūgio bangos nusistovėjimas vyksta ilgiau, kol nurimsta.

Siurblinėje išjungus siurblių slėgis nusistovi maždaug per 2 min. Kituose matavimo taškuose tendencija yra tokia pati: kuo didesni slėgio svyravimai, tuo ilgesnis laikas, per kurį slėgis nusistovi. Reikia atkreipti dėmesį, kad gauti parametrai taikomi konkrečiai esamoje situacijoje. Šie slėgio svyravimai daro labai blogą įtaką nuotekų tinklui: vamzdyną nuolat veikia jėgos, silpninančios vamzdžio sienelių tvirtumą, bei galiausiai vamzdynas gali sutrūkti. Norint to išvengti, reikia imtis priemonių, padedančių sušvelninti hidraulinio smūgio bangos svyravimus.

Egzistuoja daug skirtingų priemonių, apsaugančių nuotekų tinklus nuo hidraulinio smūgio, tačiau be modeliavimo sunku pasakyti, kuri priemonė bus tinkamiausia vienu ar kitu konkrečiu atveju.

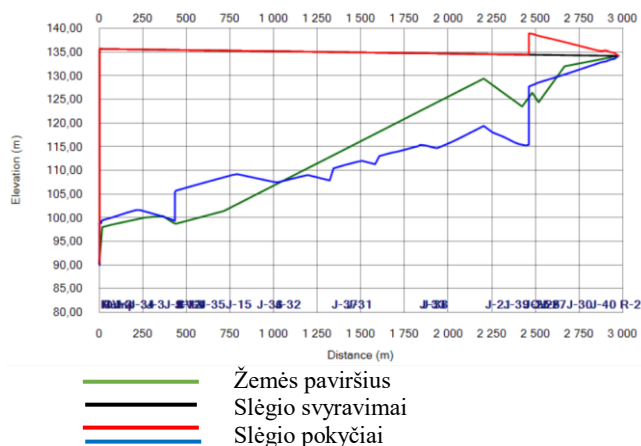
**Slėginės nuotekų linijos siurblio paleidimo rezultatai.** Įdiegus tris atgalinius vožtuvus: tinklo pradžioje, viduryje ir pabaigoje, ir modeliavimo programoje (4 pav.) pagal šį scenarijų įdiegus priemones, slėgio svyravimai nepakito.



4 paveikslas. Slėginės nuotekų linijos siurblio paleidimo rezultatai

**Slėginės nuotekų linijos siurblio stabdymo po 10 s rezultatai.** Įdiegus tris atgalinius vožtuvus (5 pav.), slėgio svyravimai ties siurbline pakito nuo 90 iki 136 m.v.st (4,6 bar). Matome, kad slėgis tinkle

svyravo žemyn ir aukštyn ir vakuumo tinkle susidaro jau mažesnis.



5 paveikslas. Slėginės nuotekų linijos siurblio stabdymo po 10 s rezultatai

**Slėginės nuotekų linijos avarinis stabdymas rezultatai.** Avarinio siurblio stabdymo metu (6 pav.) įdiegus tris atgalinius vožtuvus ir hidropneumatinę talpyklą, kurios tūris 3000 l, slėgio svyravimai ties siurbline pakito nuo 87 iki 140 m.v.st (5,3 bar).



6 paveikslas. Slėginės nuotekų linijos avarinio stabdymo rezultatai

Tyrimo metu, naudojant hidraulinio tinklo modelį, buvo nagrinėjamos slėgio mažinimo priemonės, tačiau geriausias rezultatas buvo pasiektas naudojant tris atgalinius vožtuvus ir hidropneumatinę talpyklą.

Tai talpykla, kurioje yra suslėgto oro. Ji veikia kaip pagalvė, didinanti arba mažinanti slėgį. Hidropneumatinė talpykla gali būti su membrana arba be jos, pastaruoju atveju oras tiesiogiai liečiasi su skysčiu. Rezervuaras tinkle montuojamas iš karto už siurblių ir

atgalinių vožtuvų. Naudojant šią priemonę, hidrauliniame tinklo modelyje buvo pasiekti geriausi hidraulinio smūgio bangos slopinimo rezultatai.

Siekiant parinkti optimalų hidropneumatinės talpyklos tūrį, buvo atliktas modeliavimas.

Palyginus modeliavimų rezultatus, paaiškėjo, kad 3,0 m<sup>3</sup> tūrio talpyklos pakanka hidraulinio smūgio bangai nuslopinti. 4–6 pav. grafikuose vaizduojami trys atvejai. Kaip matyti iš grafikų, naudojant tinklo modelį buvo parinkta optimali apsauga nuo hidraulinio smūgio, užtikrinanti sklandų slėgio bangos svyravimų sumažėjimą tiek įjungiant, tiek išjungiant siurblių.

## Išvados

1. Parengtame nuotekų slėginės linijos hidrauliniame modelyje užfiksuoti slėgio svyravimai tiesiogiai priklauso nuo vietovės reljefo. Dideli slėgio svyravimai pastebimi nelygiose (kalvotose) vietovėse.

2. Nuotekų slėginės linijos hidrauliniame modelyje slėgio svyravimui mažinti naudojami atgaliniai vožtuvai ir hidropneumatinė talpykla. Nustatyta, kad slėgio svyravimus, taip pat ir neigiamą slėgį, efektyviausiai hidraulinių smūgių sumažina hidropneumatinė talpykla. Naudojant šias priemones, prailginama slėginės linijos ir armatūros eksploatavimo trukmė.

3. Pagal siurblio stabdymo scenarijų susidarantys slėgio bangos svyravimai yra daugiau kaip du kartus didesni, negu siurblių paleidžiant.

4. Hidraulinis tinklo modeliavimas efektyviausiai padeda parinkti hidraulinio smūgio apsaugos priemones.

## Literatūra

- Ellis, J. (2008). *Pressure transients in water engineering*. Thomas Telford Publishing. <https://www.icevirtualibrary.com/doi/book/10.1680/ptiwe.35928>
- Kay, M. (2008). *Practical hydraulics* (2<sup>nd</sup> ed.). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203960776>
- Ludecke, H. J., & Kothe, B. (2006). *Water hammer*. KSB know-how. Halle, Germany. [https://doi.org/10.1016/S1359-6128\(06\)71699-8](https://doi.org/10.1016/S1359-6128(06)71699-8)
- Pothof, I., & Karney, B. (2012). *Guidelines for transient analysis in water transmission and distribution systems*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/53944>
- Savic, A., & Banyard, J. K. (2011). *Water distribution systems*. ICE Publishing. <https://doi.org/10.1680/wds.41127>
- Tijsseling, A. S., & Anderson, A. (2006). *The Joukowski equation for fluids and solids*. Eindhoven: Technical University of Eindhoven. <https://research.tue.nl/en/publications/the-joukowski-equation-for-fluids-and-solids>
- Wichowski, R. (2006). Hydraulic transients analysis in pipe networks by the method of characteristics (MOC). *Archives*

*of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics*,  
53(3), 267–291.

<http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BAT3-0039-0044>

## **WATER HAMMER ANALYSIS IN SEWER PRESSURE PIPES**

A. Nevdach, M. Rimeika

### Summary

This article presents the formation of water hammer, the reasons for its occurrence and reviews the ways of reducing water hammer. It describes the theoretical foundations of water hammer and the calculation methodology. A hydraulic model of the wastewater pressure line is developed for the analysis of the water hammer and the selection of protection measures. The research is carried out in operating sewage pressure networks. For the prevention of water hammer in sewage networks, pressure wave damping measures are used which help to prevent accidents and prolong the lifespan of the operated networks.

**Keywords:** water hammer, hydraulic modeling, water hammer prevent.