

5. Taggart, A. F. (1998). Handbook of ore dressing. John Wiley & Sons..
6. ANSYS Inc. (2025). ANSYS Mechanical APDL material reference: Release 2025. ANSYS Inc.
7. Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. (2016). DBN A.3.1-5:2016. Orhanizatsiia budivelnoho vyrobnytstva [Organization of construction production]. [in Ukrainian].
8. Couper, J. R., Penney, W. R., Fair, J. R., & Walas, S. M. (2005). Chemical process equipment: Selection and design (2nd ed.). Elsevier.
9. Ciężkowski, P., Maciejewski, J., & Bąk, S. (2020). Application of the new shape crushing plate in machine crushing processes. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 42(1), 83–96.
10. Fladvad, M., & Onnela, T. (2020). Influence of jaw crusher parameters on the quality of primary crushed aggregates. *Minerals Engineering*, 151, Article 106338.
11. Cleary, P. W., & Sinnott, M. D. (2015). Simulation of particle flows and breakage in crushers using DEM. *Minerals Engineering*, 74, 178–197.
12. Nazarenko, I. I., et al. (2019). Applied problems of motion of mechanical systems under action of power loads. <https://doi.org/10.21303/978-9949-7316-9-5>

RESEARCH OF NOZZLE GEOMETRIC PARAMETER INFLUENCE ON BUILDING MORTAR FLOW PROCESS

Roman Salnikov, postgraduate student¹ (ORCID: 0009-0001-0408-4358),

Rostyslav Rudyk, postgraduate student¹ (ORCID: 0000-0001-8386-977X),

Viktor Virchenko, candidate of technical sciences, associate professor¹ (ORCID: 0000-0002-5346-9545)

¹ National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”, Vitaliia Hrytsaiienka, 24, 36011, Ukraine

ABSTRACT. *The paper considers features of building mortar flow through nozzles with different geometric shapes. The study was performed using computer simulation of increased-density fluid flow through nozzles with different outlet diameters and geometric configurations under conditions close to operation of construction mixture supply systems. Analysis of flow velocity distribution and medium motion behavior within nozzle flow section has been performed considering influence of outlet opening dimensions and working medium density. Influence of outlet geometric parameters on flow intensity, formation of local flow acceleration zones, and uniformity of building mortar supply has been determined. Special attention has been devoted to evaluation of hydrodynamic resistance growth and redistribution of velocity fields during medium passage through narrowed outlet sections. It has been established that nozzle geometry variation and physical-mechanical properties of the medium significantly affect flow structure and material movement conditions through the outlet channel, which should be considered during development and improvement of equipment intended for transportation and application of building mixtures.*

Keywords: *construction mortar, nozzle, fluid outflow, geometric parameters, flow simulation, hydrodynamic processes, viscoplastic medium, flow velocity, construction mixture supply, technological process, construction equipment*

Introduction. Processes of building mortar supply and application are an important component of modern mechanized construction and finishing technological systems. Operating efficiency of equipment for transportation and application of building mixtures largely depends on material motion behavior within flow channels and outlet nozzles. Nozzle geometric parameters directly affect flow structure, outflow velocity, material supply uniformity, and working jet formation conditions during technological operations.

Investigation of building mortar outflow processes with increased density and complex structural-mechanical properties becomes especially important, since such media are characterized by significant internal friction, nonuniform flow velocity distribution, and high sensitivity to flow section geometry variation. Under such conditions, application of computer simulation methods makes it possible to determine medium flow features within nozzles of different shapes and evaluate influence of structural parameters on material movement conditions.

One of promising directions for improvement of equipment intended for building mixture supply is substantiation of rational nozzle geometry considering working medium rheological properties and technological systems operating modes. Application of computer simulation methods makes it possible to

analyze flow velocity distribution, determine local acceleration zones, and evaluate motion liquids behavior with different density during outflow through outlet openings of different geometric shapes.

Analysis of recent research and publications. Sources [1, 2] consider features of building mortar motion within pipeline systems and present mathematical models of viscoplastic medium supply processes in pumping equipment. It is shown that building mixture flow behavior significantly depends on geometric parameters of flow channels, medium motion regimes, and rheological properties of material.

Sources [3, 4] investigate processes of concrete mixture and building mortar movement within extrusion supply systems and nozzles of different geometric shapes. It has been established that outlet channel configuration directly affects flow velocity distribution, jet formation conditions, and material supply uniformity.

Source [5] presents results of investigations devoted to material layer formation processes during extrusion supply of building mixtures. It is shown that supply process consistency and material motion behavior are largely determined by coordination between nozzle geometric parameters and physical-mechanical properties of working medium.

Research objective. Investigation of nozzle geometric parameter influence on outflow behavior of building mortars with different density, determination of flow velocity distribution features within nozzle flow section, and evaluation of outlet opening shape and size influence on material movement conditions during supply.

Main part. For investigation of building mortar outflow process, a nozzle with inlet flow section and outlet opening of a certain geometric shape is considered. Working medium is supplied to the nozzle under pressure difference action, after which it passes through narrowed section and exits in the form of a formed jet. Outflow behavior is determined not only by outlet opening area, but also by cross-section shape, medium density, effective viscosity, and energy losses within nozzle flow section.

For generalized evaluation of nozzle geometry influence on outflow conditions, coefficient of outlet opening geometric influence has been introduced

$$K_g = \frac{A_o}{P_o d_e}, \quad (1)$$

where K_g – coefficient of outlet opening geometric influence;

A_o – outlet opening area of nozzle, m²;

P_o – outlet opening perimeter, m;

d_e – equivalent diameter of outlet opening, m.

Equivalent diameter of outlet opening is determined by the following relation

$$d_e = \frac{4A_o}{P_o}, \quad (2)$$

Considering pressure difference, medium density, and losses within nozzle flow section, building mortar outflow velocity can be determined by the following relation

$$v_o = K_v K_g \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \quad (3)$$

where v_o – average medium outflow velocity from nozzle, m/s;

K_v – velocity loss coefficient in nozzle;

K_g – coefficient of outlet opening geometric influence;

Δp – pressure difference before nozzle, Pa;

ρ – working medium density, kg/m³.

Building mortar flow rate through nozzle considering outlet opening geometry and rheological properties of medium is determined as follows

$$Q = K_r A_o v_o, \quad (4)$$

where Q – volumetric flow rate of building mortar through nozzle, m³/s;

K_r – rheological coefficient considering influence of viscosity, density, and internal resistance of medium;

A_o – nozzle outlet opening area, m²;

v_o – average medium outflow velocity, m/s.

Proposed model makes it possible to consider influence of outlet opening shape, outlet size, working medium density, and velocity losses in nozzle on building mortar outflow process. Reduction of opening area leads to increase in local flow velocity, but simultaneously causes growth of hydraulic resistance. For media with higher density and viscosity, influence of nozzle geometry (Fig. 1) becomes more significant, which should be considered during selection of structural parameters of nozzles intended for building mortar supply.

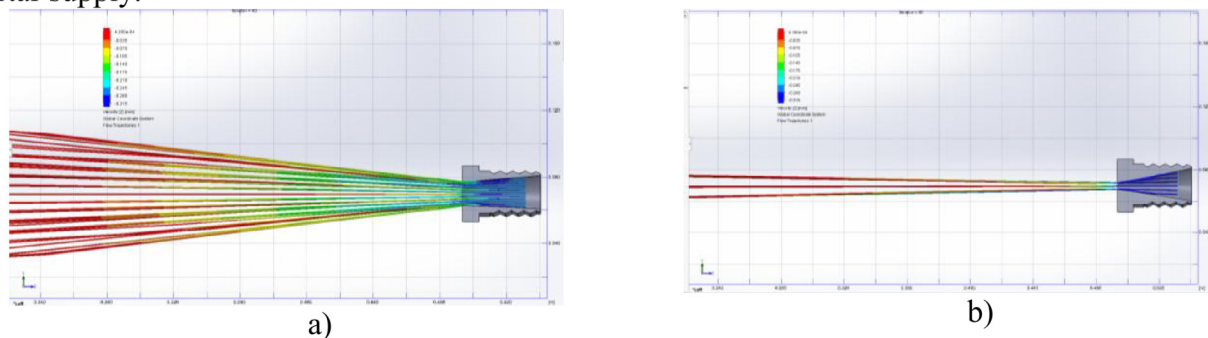


Figure 1 – Simulation of increased-density fluid outflow through nozzle:
a) with large outlet opening; b) with small outlet opening

For nozzles with large outlet opening, more uniform velocity distribution across flow cross-section and reduction of local acceleration zones are observed. In this case, medium outflow is characterized by lower hydrodynamic loss intensity and more consistent jet formation. For liquids with lower density, flow velocity within outlet channel is higher, while flow structure is characterized by smoother velocity redistribution.

In the case of nozzles with small outlet opening, significant increase in flow velocity within material outlet zone is observed, which is accompanied by formation of local regions of intensive medium acceleration. For more dense liquids, increase in velocity distribution nonuniformity and growth of internal hydrodynamic resistance zones within nozzle flow section are characteristic.

Conclusions. As a result of conducted investigations, it has been established that nozzle geometric parameters significantly affect building mortar outflow behavior, flow velocity distribution, and outlet jet formation conditions. It has been determined that reduction of outlet opening dimensions is accompanied by increase in local flow velocity and growth of hydrodynamic resistance within nozzle flow section.

It has been established that liquids with higher density are characterized by increased velocity distribution nonuniformity and growth of internal medium motion resistance during passage through outlet channel. Obtained analytical relations can be used for substantiation of rational geometric parameters of nozzles intended for supply and application of building mixtures considering physical-mechanical properties of working medium.

References

1. Korobko, B. O., Zadvorkin, D. M., & Vasyliov, I. A. (2017). Study of the operating element motion law for a hydraulic-driven diaphragm mortar pump. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(7–88), 4–11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.106873>
2. Chayka, D., Emeljanova, I., & Andrenko, P. (2016). A mathematical model of the hydraulic system of the universal hosed concrete pump. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(7–80), 32–42. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.63808>
3. Feys, D., De Schutter, G., Fataei, S., Martys, N. S., & Mechtcherine, V. (2022). Pumping of concrete: Understanding a common placement method with lots of challenges. *Cement and Concrete Research*, 154, 106720. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2022.106720>

4. Niu, H., Yu, B., & Hao, J. (2025). CFD-based flow field analysis of spiral nozzles in 3D concrete printing. *Discover Applied Sciences*, 7(11), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07823-3>
5. Wolfs, R. J. M., Bos, F. P., & Salet, T. A. M. (2021). Stability and deformations of deposited layers in material extrusion additive manufacturing. *Additive Manufacturing*, 46, 102193. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.102193>

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МІНІ-НАВАНТАЖУВАЧІВ ДЛЯ РОБОТИ В СКЛАДНИХ УМОВАХ

Богдан Федішин, асистент, PhD¹ (ORCID: 0000-0003-2420-7332),

Дмитро Кривошия студент¹,

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, проспект Повітряних сил 31, 03037, Україна

АНОТАЦІЯ. У роботі проведено теоретичне обґрунтування та розроблено практичні рекомендації щодо модернізації робочих органів малогабаритної техніки з метою підвищення ефективності розробки міцних та мерзлих ґрунтів. Основну увагу приділено експлуатації машин в умовах обмеженого робочого простору, зокрема в межах об'єктів ландшафтної архітектури, паркових зон та щільної міської забудови, де використання важкої спецтехніки є неможливим. Запропоновано конструкцію комбінованого робочого органу, що поєднує стандартний ківш із інтегрованим ротаційним розпушувачем. Таке рішення дозволяє реалізувати принцип активного робочого органу, забезпечуючи попереднє руйнування ґрунтового масиву. Це є критично важливим для міні-навантажувачів з обмеженою зчпною масою, оскільки запобігає буксуванню коліс та підвищує загальну продуктивність технологічного циклу. Описано оновлену схему робочого циклу, яка складається з етапів попереднього розпушення, повернення у вихідну позицію та набору матеріалу.

Ключові слова: міні-навантажувач; робочий орган; ротаційний розпушувач; енергоємність; тягове зусилля..

Вступ. Сучасні тенденції в галузі дорожнього будівництва та комунальної інфраструктури вказують на зростаючу роль малогабаритної техніки. Міні-навантажувачі, завдяки своїй маневреності, стали незамінними в умовах щільної забудови, проте їхня ефективність стрімко падає при зустрічі з міцними або мерзлими ґрунтами. Основною перешкодою є обмежена зчпна маса машини, яка не дозволяє розвинути необхідне зусилля впровадження для подолання опору різанню.

Традиційні підходи до вирішення цієї проблеми передбачають використання змінного обладнання, такого як гідромолоти або фрези, проте це потребує часткої заміни робочих органів та переривання технологічного циклу. Альтернативним і перспективним шляхом є створення комбінованих робочих органів, які поєднують пасивне різання ковшем із активним механічним впливом ротаційного типу. Це дозволяє здійснювати попереднє руйнування масиву, що значно розширює функціональний діапазон техніки.

Аналіз літературних джерел. Механіка взаємодії робочих органів із ґрунтовим середовищем є предметом глибоких досліджень багатьох наукових шкіл. Фундаментальні розрахунки зусиль копання та формування призми волочіння.[1, 2]. Особливе значення мають методи інтенсифікації розробки ґрунтів через вібраційні та ударні впливи. [2].

Сучасні підходи до автоматизації та підвищення ККД гідроприводів будівельних машин досліджували, наголошуючи на важливості адаптивного керування потоками енергії [3]. У контексті малогабаритної техніки важливо враховувати динаміку стійкості, яку детально аналізує Wong J. Y. [7], та принципи менеджменту технічного парку, викладені Harris F. [6]. Окрім того, питання теорії різання ґрунтів і зносостійкості різальних елементів піднімаються в наукових роботах, де було доведено перевагу динамічного сколювання над статичним зсувом при розробці міцних середовищ [5].

Мета роботи. Підвищення ефективності роботи міні-навантажувачів у складних ґрунтових умовах шляхом модернізації конструкції ковша та впровадження ротаційного розпушувача для зниження енергоємності виконання будівельних робіт.