

UDC 621.311.254

SCOPUS CODE 2100

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2026-1-104-110>

განახლებადი ენერჯიის მიღება გამონაბოლქვი ნაკადებისგან ცემენტის ინდუსტრიაში

- თენგიზ მუსელიანი** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერჯეტიკის ფაკულტეტის პროფესორი. საქართველო
E-mail: museliani@yahoo.com
- გიორგი გელაშვილი** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერჯეტიკის ფაკულტეტის პროფესორი. საქართველო
E-mail: georgegelashvili5@gmail.com

რეცენზენტები:

- გ. გიგინეიშვილი**, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერჯეტიკის ფაკულტეტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი
E-mail: g.gigineishvili@gtu.ge
- რ. ჩიხლაძე**, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერჯეტიკის ფაკულტეტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი
E-mail: r.chixladze@gtu.ge

ანოტაცია. ცემენტის წარმოება მოითხოვს განსაკუთრებულად დიდ ენერჯიას, რაც განპირობებულია პროცესების სირთულითა და ეტაპების მრავალფეროვნებით. შესაბამისად, ის ენერჯეტიკულად ერთ-ერთ ყველაზე მოთხოვნად ინდუსტრიად ითვლება. ცემენტის წარმოების პროცესში წარმოიქმნება გამონაბოლქვი აირები, რომლებიც შემდეგ გადიან გაფილტვრისა და დამუშავების ეტაპებს და, საბოლოოდ, გაიფრქვევიან გარემოში.

დღეისათვის გამონაბოლქვი აირების კინეტი-

კური ენერჯიის პრაქტიკულად გამოყენება უზულებულოა და უმეტესად ეს ენერჯია იკარგება გარემოში. წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია, შეისწავლოს გამოფრქვეული ნაკადების კინეტიკური ენერჯიის გამოყენების შესაძლებლობა განახლებადი ენერჯიის მიღების სფეროში, გამომდინარე იქიდან, რომ ჰაერის ნაკადი ვერტიკალური მიმართულებით მოძრაობს და ხასიათდება თანამიმდევრული და უცვლელი სიდიდით, და ასევე ქარხნის ინფრასტრუქტურა ვერტიკალური ღერძის მქონე ქარის ტურბინისა და, შესაბამისად, ქარის ელექტ-

როგენერატორის გამოყენების ხარჯზე საშუალებას იძლევა გამონაბოლქვი აირების მეშვეობით უზრუნველყოს ქარხნის გარკვეული უბნების უწყვეტი ელექტრომომარაგება.

საკვანძო სიტყვები: გამონაბოლქვი აირები; ემისიის სისტემა; ენერჯიის გარდაქმნა; კინეტიკური ენერჯია; ქარის ტურბინა; ცემენტის წარმოება; ჰაერის ნაკადი.

შესავალი

ზოგადად ცნობილი ფაქტია, რომ ცემენტის წარმოება ერთ-ერთი, ყველაზე მძლავრი ენერგომომხმარებელია. აღნიშნული სფეროს მდგრადი განვითარების გზაზე დღემდე ერთ-ერთ მთავარ ბარიერად კვლავ რჩება ოპერირებისას წიაღისეულ საწვავზე დამოკიდებულების შემცირება. (Madloul et al., 2011). ცემენტის წარმოება შედგება რამდენიმე ეტაპისგან, თითოეულ ეტაპზე გამოიყოფა დიდი რაოდენობით აირები, რომლებიც გამონაბოლქვი სისტემის რამდენიმე საფეხურის გავლის შემდეგ, ემისიის მილით გაიფრქვევა ატმოსფეროში, რის გამოც არ ხდება გამოყოფილი აირის კინეტიკური ენერჯიის პრაქტიკული გამოყენება და იკარგება საკმაოდ ღირებული მეორადი ენერჯიის პოტენციალი (Mungyeko Bisulandu, B.-J. R., Ilinca, A., Tsimba Mboko, M., & Mbozi Mbozi, L. 2023).

ცემენტის წარმოების პროცესში გამომუშავებული აირები ემისიის კოშკის შიგნით სტაბილურად მოძრაობენ. საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ აირების მოძრაობის მიმართულება ყოველთვის ერთგვაროვანი და უცვლელია, კონკრეტულად, აირები მიე-

მართება ქვედა ნაწილიდან ზევით, რაც ნიშნავს იმას, რომ გამუდმებით მოძრაობენ ვერტიკალური მიმართულებით. სწორედ ამ ერთგვაროვან და მუდმივ ნაკადზე დაყრდნობით ვთვლით, რომ გამონაბოლქვის კოშკის გარე კონსტრუქციაზე დამონტაჟდეს ვერტიკალური ქარის ტურბინები (Chong, W. T., Fazlizan, A., Poh, S. C., Yip, S. Y., & Hew, W. P. 2014), რომელიც გამოიყენებს ჰაერის იმ ნაკადს, რომელიც ბუნებრივად წარმოიქმნება საწარმოს სამუშაო პროცესების შედეგად. ეს ნიშნავს, რომ გვაქვს უკვე არსებული ენერჯიის წყარო, რომლის ეფექტურად გამოყენებაც შესაძლებელია მინიმალური ტექნიკური ჩარევითა და შედარებით დაბალი დანახარჯებით.

ქარის ტურბინის ამ კონკრეტულ წერტილზე დამონტაჟებას რამდენიმე მნიშვნელოვანი უპირატესობა აქვს. პირველ რიგში, ის არ შეუშლის ხელს საწარმოო პროცესს, რადგან ტურბინა თავსდება გამონაბოლქვის კოშკის გარე, გამოსასვლელ ნაწილზე, და არა მის შიგა სტრუქტურაში. შესაბამისად, არ არის არსებული სისტემის მოდიფიკაციის ან კონსტრუქციული ცვლილებების ჩანაცვლების საჭიროება, რაც, თავის მხრივ, გამოიწვევდა დამატებით ხარჯებსა და დროის კარგვას.

კვლევის ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა, შეირჩეს ისეთი ტიპის ქარის ტურბინა, რომელიც ყველაზე ეფექტურად გარდაქმნის ქარხნის მუშა პროცესებიდან წარმოქმნილ ჰაერის ნაკადს სუფთა და განახლებად ელექტროენერჯიად, რაც ითვალისწინებს ქარხნის გარკვეული უბნების ელექტროენერჯიით მომარაგებას. ჩვენი მიდგომა გვიჩვენებს, თუ როგორ შეიძლება არსებული ინდუსტრიული ინფრასტრუქტურა გახდეს სუფთა ენერჯიის წყარო, რომ-

ლის დანერგვაც შეიძლება მინიმალური, ერთჯერადი ინვესტიციით.

ძირითადი ნაწილი

ცემენტის წარმოების პროცესს თან ახლავს დიდი რაოდენობით გამონახოლქვი აირების წარმოქმნა, რაც დაკავშირებულია ამ ინდუსტრიის ყოველდღიურ ოპერირებასთან. ეს აირები გადის რამდენიმე ტექნოლოგიურ ეტაპს, მანამ, სანამ საწარმოში არსებული ემისიის კოშკიდან გარემოში გამოიფრქვევიან. აღსანიშნავია, რომ გამოფრქვეული აირები მოძრაობს ერთი მიმართულებით და ნაკადი სტაბილურია (Madlool, N. A., Saidur, R., Hossain, M. S., & Rahim, N. A. 2011). პროექტზე მუშაობის ფარგლებში, ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ვატარებდით გარკვეული ტიპის გაზომვებს ქარხანაში არსებულ გამონახოლქვის კოშკზე. აღნიშნული გაზომვები უშუალოდ მოიცავდა კოშკიდან გამომავალი ქარის სიჩქარის დადგენას. ჩვენი დაკვირვებების შედეგად გაირკვა, რომ ატმოსფეროში გატყორცნილი ჰაერის საშუალო სიჩქარე დაახლოებით 18,22 მ/წმ-ს შეადგენს.

მიღებული მონაცემების ანალიზი ცხადყოფს, რომ ინდუსტრიული გამონახოლქვი არ არის უბრალოდ ნარჩენი, არამედ ეს არის დამალული, სტაბილური ენერჯიის წყარო, რომელიც დღემდე რჩებოდა ყურადღების მიღმა. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ჩვენ მიერ გაზომილი ქარის საშუალო სიჩქარე საგრძნობლად აღემატება ბუნებრივად წარმოქმნილი ქარის საშუალო სიჩქარეს, რომელიც, საშუალოდ, 5-დან 10 მ/წმ-მდე მერყეობს. ნათლად ჩანს, რომ ჩატარებულმა გაზომვებმა გა-

მოკვეთა საკმაოდ დიდი, ჯერ კიდევ გამოუყენებელი პოტენციალი, პოტენციალი, რომელიც, სავარაუდოდ, ზოგიერთ საწარმოში კვლავ მიიჩნევა გამოუსადეგარად და ფუჭად იკარგება ატმოსფეროში. მნიშვნელოვანია აღვნიშნოთ, რომ ცემენტის ქარხნები უმეტესად 24/7 რეჟიმში ოპერირებენ. ქარხანები იშვიათად წყვეტენ მუშა პროცესს, რაც შეიძლება განპირობებული იყოს იშვიათი საგანგებო შემთხვევის დროს ან დაგეგმილი ტექნიკური სარემონტო სამუშაოების პერიოდში (Mungyeko Bisulandu, B.-J. R., Ilinca, A., Tsimba Mboko, M., & Mbozi Mbozi, L. 2023). იმ ფაქტის გათვალისწინება, რომ ქარის ტურბინა დამოკიდებული იქნება ქარხნის მუშა პროცესზე, ნათლად გვიჩვენებს, რომ ელექტროენერჯიის გამომუშავებას მიეცემა თითქმის უწყვეტი პროცესის სახე.

ამ სისტემის წარმატებული ოპერირებისთვის გადამწყვეტი ფაქტორია ქარის ტურბინის სწორად შერჩევა. ჩვენ მიზანმიმართულად შევარჩიეთ სპეციფიკური ვერტიკალური ქარის ტურბინა. ჩვენი არჩევანი განაპირობა შემდეგმა ფაქტორებმა: ვერტიკალური ტიპის ქარის ტურბინა არ არის დამოკიდებული ქარის მიმართულებაზე, ვინაიდან მისი ღერძი ვერტიკალურია და შეუძლია ნებისმიერი ჰორიზონტალური ან ნახევრად ვერტიკალური ნაკადის ეფექტურად გამოყენება (Lee, K.-Y., Cruden, A., Ng, J.-H., & Wong, K.-H. 2024). მოცემულ პირობებში ვერტიკალური ტიპის ქარის ტურბინა საგრძნობლად მეტ ელექტროენერჯიას გამოიმუშავებს, ვიდრე ჰორიზონტალური ტიპისა (Zishan, S., Molla, A. H., Rashid, H., Wong, K. H., Fazlizan, A., Lipu, M. S. H., ... & Sarker, M. R. 2023).

ემისიის კომპიდან გამოსული ჰაერის ნაკადი ვერტიკალურია (ქვემოდან ზემოთ), რაც ჰორიზონტალური ტიპის ტურბინისთვის რთულად გამოსაყენებელია, ვერტიკალური ტიპის ტურბინისთვის კი ეს გარემოება პირიქით, განსაკუთრებით ხელსაყრელია. გარდა ამისა, ემისიის კომპიდან გამოტყორცნილი ჰაერის ნაკადი ყოველთვის არ არის სუფთა — იგი შეიცავს მტვერს და ახასიათებს მომატებული ტემპერატურა. ასეთ არასტაბილურ ნაკადში ვერტიკალური ტიპის ქარის ტურბინა გაცილებით უკეთ მუშაობს, ვიდრე ჰორიზონტალური, რომელსაც მუდმივი და სუფთა ჰორიზონტალური ქარი სჭირდება (Lee, K.-Y., Cruden, A., Ng, J.-H., & Wong, K.-H. 2024).

ვერტიკალური ქარის ტურბინის კომპაქტური და ფიქსირებული სტრუქტურა ადვილად ერგება კომპის გარე ნაწილებს და არ საჭიროებს დიდ სივრცეს ან მობრუნებად პლატფორმას. ჰორიზონტალური ქარის ტურბინის შემთხვევაში კი აუცილებელია ღია სივრცე და ზუსტი ორიენტაცია, რაც კომპის სტრუქტურაზე პრაქტიკულად შეუძლებელია. გარდა ამისა, ვერტიკალური ღერძის ქარის ტურბინების მარტივი მექანიკური სისტემა ამცირებს დეტალების რაოდენობას, რაც, თავის მხრივ, ამარტივებს ტექნიკურ მომსახურებას და ამცირებს მის ხარჯს (Lee, K.-Y., Cruden, A., Ng, J.-H., & Wong, K.-H. 2024). სწორედ ამიტომ, ვერტიკალური ტურბინა იდეალურ გამოსავლად გვევლინება ისეთი ჰაერის ნაკადებში, როგორც გვხვდება ქარხანაში არსებულ გამონაბოლქვის სისტემაში, უშუალოდ კი ემისიის კომპში (Lee, K.-Y., Cruden, A., Ng, J.-H., & Wong, K.-H. 2024).

ქარის ვერტიკალური ტურბინის ერთ-ერთ დადებით მხარედ, რომელიც დღესდღეობით ნაკლებადაა განხილული, შეიძლება მივიჩნიოთ მათი მუ-

შაობის დროს არსებული ხმაურის დაბალი დონე. განსხვავებით ჰორიზონტალური ტიპის ტურბინისგან, რომელიც გამოირჩევა შედარებით ხმაურიანი ოპერირებით, ეს, რაღა თქმა უნდა, განპირობებულია ფრთების მაღალი სიჩქარით ბრუნვით და ტურბინის პოზიციის ცვლილებით ქარის მიმართულებით, ხოლო რაც შეეხება ვერტიკალურ ტურბინას, ის მუშაობს უფრო ნელა და არ საჭიროებს მუდმივ პოზიციის ცვლილებას ქარის მიმართულებით (Wang, W.-Y., & Ferng, Y.-M. 2024).

ამ მახასიათებლების გამო, მათი მოთხოვნა განსაკუთრებით მოდის როგორც მჭიდროდ დასახლებული არეებიდან, ისე ურბანული ან სამრეწველო ზონებიდან, სადაც ხმაურის კონტროლი მნიშვნელოვანია როგორც მოსახლეობის კეთილდღეობის, ისე რეგულაციების დაცვის თვალსაზრისით. იმ შემთხვევაში, თუ განვიხილავთ ჩვენს შემთხვევას ცემენტის ქარხნებში, სადაც უკვე არსებობს დიდი ხმაური და მექანიკური აქტივობა, ჩვენ მიერ შერჩეული ტიპის ტურბინის დამატება არ ქმნის მნიშვნელოვან აკუსტიკურ დატვირთვას. შედეგად, ვერტიკალური ღერძის ქარის ტურბინები ითვლება უფრო მშვიდ, ნაკლებად შემაწუხებელ ალტერნატივად, რაც მნიშვნელოვან უპირატესობას ქმნის მათი სამრეწველო გარემოში ინტეგრაციისას.

აღნიშნული სისტემის დანერგვისას, უსაფრთხოების საკითხების დეტალურად განხილვა და გათვალისწინება უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია. ეს მოსაზრება ითვალისწინებს, რომ ტურბინა განთავსდეს ემისიის კომპის გარე მხარეს, რაც ავტომატურად ნიშნავს, რომ არ შეაფერხებს ქარხნის მუშა პროცესს და გამორიცხავს კომპის კონსტრუქციის მასშტაბურ გადაკეთებას.

უსაფრთხოების ნორმების დაცვა ასევე აუცილებელია დამხმარე კონსტრუქციის მოწყობის ეტაპზე. იმისათვის, რომ არსებულმა სისტემამ გაუძლოს მაღალ ტემპერატურას, მტვრიან და აგრესიულ გარემო პირობებს, აუცილებელია კოროზიის მიმართ გამძლე მასალების გამოყენება, როგორცაა გალვანიზებული ან უჟანგავი ფოლადი (León-Henao, H., Morales-Galeano, J. E., Santa-Marín, J. F., & Giraldo-Barrada, J. E. 2024). ჩვენ მიერ წარმოდგენილ სისტემას რამდენიმე აშკარა უპირატესობა აქვს. პირველ რიგში, ტურბინის გარე მხარეს მონტაჟი მნიშვნელოვნად ამარტივებს მიდგომას და ხელმისაწვდომობას, რაც ლოგიკურად გულისხმობს გამართივებულ ტექნიკურ მომსახურებას. მეორე მნიშვნელოვანი უპირატესობა კი ისაა, რომ ელექტროენერჯიის გამომუშავება შესაძლებელია ქარხნის არსებული ინფრასტრუქტურისა და სტაბილური გამონაბოლქვის ნაკადის გამოყენებით, დამატებითი ენერჯიის წყაროს გარეშე. შედეგად, გამომუშავებული ელექტროენერჯია ამცირებს ქარხნის მიერ ელექტროსისტემიდან შესაძენი ენერჯიის რაოდენობას, რაც ქმნის საკმაოდ ხელსაყრელ პირობებს (Zishan, S., Molla, A. H., Rashid, H., Wong, K. H., Fazlizan, A., Lipu, M. S. H., ... & Sarker, M. R. 2023). გარდა ამისა, ქარის ტურბინები, ჩვეულებრივ, მუშაობს დაბალი ხმაურის გამოყოფით, რაც უზრუნველყოფს გარემოს სიმშვიდეს და არ იწვევს ჰაერის ადგილობრივ დაბინძურებას (Li, S., Chen, Q., Li, Y., Pröbsting, S., Yang, C., Zheng, X., ... & Ke, S. 2022). ამ სისტემის ერთ-ერთი მთავარი უპირატესობა ისაა, რომ ელექტროენერჯია მიიღება იმ ჰაერის ნაკადიდან, რომელიც ქარხნის ყოველდღიური მუშაობის შედეგად ისედაც

ბუნებრივად წარმოიქმნება. ვინაიდან ეს ნაკადი სტაბილური და მარტივად პროგნოზირებადია, ის იდეალურად შეესაბამება ქარის ტურბინების მუშაობის პირობებს და უზრუნველყოფს მათ საიმედო ფუნქციონირებას (Zishan, S., Molla, A. H., Rashid, H., Wong, K. H., Fazlizan, A., Lipu, M. S. H., ... & Sarker, M. R. 2023). საბოლოო ჯამში, ეს არის მარტივი და ეფექტური გზა, რომ ქარხნის მუშა პროცესებიდან წარმოქმნილი გამონაბოლქვი აირი გარდაიქმნას სასარგებლო და სუფთა ენერჯიად. ეს მიდგომა ნათლად აჩვენებს, რომ სწორად გამოყენებული, ჩვენს ხელთ არსებული რესურსი გვაძლევს შესაძლებლობას, ენერჯია იმ წყაროებიდანაც კი მივიღოთ, რომლებიც ადრე უქმად და გამოუსადეგარად მიაჩნდათ.

დასკვნა

ნაშრომი წარმოადგენს ფუნდამენტურად გააზრებულ მიდგომას, რომელიც აერთიანებს თეორიასა და პრაქტიკას და მიზნად ისახავს ვერტიკალური ღერძის ქარის ტურბინების სისტემის დამონტაჟებას უკვე არსებული ემისიის კომპის გარე სივრცეში.

ამ იდეის ღირებულება ძირითადად ისაა, რომ მისი რეალიზება შესაძლებელია არსებული ინფრასტრუქტურის ფარგლებში, მნიშვნელოვნად არ საჭიროებს ტექნიკურ გადაკეთებას და მაქსიმალურად ამცირებს ჩარევის საჭიროებას.

ჩვენი გაზომვების შედეგად დადგინდა, რომ ემისიის კომპიდან გამომავალი ჰაერის სიჩქარე მნიშვნელოვნად აღემატება გარე გარემოში არსებული საშუალო ქარის სიჩქარეს.

გასათვალისწინებელია ის ფაქტიც, რომ ამ ნაკადს ახასიათებს სტაბილურობა. მიგვაჩნია, რომ ამ

ჩანაფიქრს შორეულ პერსპექტივაში აქვს პოტენციალი, ჩამოყალიბდეს როგორც ეკოლოგიურად უსაფრთხო და ეკონომიკურად ხელმისაწვდომი ენერჯიის ერთ-ერთი წყარო. რაც შეეხება ქარის ტურბინის შექმნისა და მონტაჟის ხარჯებს, ის ერთჯერადი ინვესტიციაა.

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს

იმას, რომ სათანადო პროფილაქტიკური ღონისძიებებისა და პერიოდული მონიტორინგის შემთხვევაში, აღნიშნული ტიპის ტურბინების ექსპლუატაცია, როგორც წესი, ხასიათდება შედარებით ნაკლები ან საშუალო დანახარჯებით. ამ ყველაფრის გათვალისწინებით, მინიმალური დანახარჯები დაფიქსირდება აღნიშნული მიმართულებითაც.

ლიტერატურა

1. Mungyeke Bisulandu, B.-J. R., Ilinca, A., Tsimba Mboko, M., & Mbozi Mbozi, L. (2023). *Thermodynamic performance of a cogeneration plant driven by waste heat from cement kilns exhaust gases*. *Energies*, 16(5), 2460. <https://doi.org/10.3390/en16052460>
2. Chong, W. T., Fazlizan, A., Poh, S. C., Yip, S. Y., & Hew, W. P. (2014). *Design of an exhaust air energy recovery wind turbine generator for energy conservation in commercial buildings*. *Energy Conversion and Management*, 87, 145–155. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.07.009>
3. Madlool, N. A., Saidur, R., Hossain, M. S., & Rahim, N. A. (2011). *A critical review on energy use and savings in the cement industries*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 2042–2060. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.01.005>
4. Lee, K.-Y., Cruden, A., Ng, J.-H., & Wong, K.-H. (2024). *Vertical axis wind turbines: An overview and future outlook*. *Frontiers in Energy Research*, 12, 1437800. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1437800>
5. Zishan, S., Molla, A. H., Rashid, H., Wong, K. H., Fazlizan, A., Lipu, M. S. H., ... & Sarker, M. R. (2023). *Comprehensive analysis of kinetic energy recovery systems for efficient energy harnessing from unnaturally generated wind sources*. *Sustainability*, 15(21), 15345. <https://doi.org/10.3390/su152115345>
6. Wang, W.-Y., & Ferng, Y.-M. (2024). *Numerical model for noise reduction of small vertical-axis wind turbines*. *Wind Energy Science*, 9, 651–664. <https://doi.org/10.5194/wes-9-651-2024>
7. León-Henao, H., Morales-Galeano, J. E., Santa-Marín, J. F., & Giraldo-Barrada, J. E. (2024). *Failure analysis of a welded 316L stainless-steel stack with premature cracking*. *Materials Performance and Characterization*, 24, 2683–2699. <https://doi.org/10.1007/s11668-024-01990-y>
8. Li, S., Chen, Q., Li, Y., Pröbsting, S., Yang, C., Zheng, X., ... & Ke, S. (2022). *Experimental investigation on noise characteristics of small scale vertical axis wind turbines in urban environments*. *Renewable Energy*, 200, 970–982. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.099>

UDC 621.311.254

SCOPUS CODE 2100

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2026-1-104-110>

Renewable Energy Generation From Waste Streams in the Cement Industry

Tengiz Museliani Georgian Technical University, Professor, Faculty of Energy, Georgia
E-mail: museliani@yahoo.com

Giorgi Gelashvili Georgian Technical University, Professor, Faculty of Energy, Georgia
E-mail: georgegelashvili5@gmail.com

Reviewers:

G. Gigineishvili Georgian Technical University, Professor, Faculty of Energy, Candidate of Technical Sciences
E-mail: g.gigineishvili@gtu.ge

R.Chixladze, Georgian Technical University, Professor, Faculty of Energy, Candidate of Technical Sciences
E-mail: r.chixladze@gtu.ge

Abstract. Cement production requires a particularly large amount of energy, which is due to the complexity of the processes and the variety of stages. Accordingly, it is considered one of the most energy-intensive industries. In the process of cement production, exhaust gases are generated, which then undergo filtration and processing stages and, finally, are emitted into the environment.

Today, the practical use of the kinetic energy of exhaust gases is neglected and most of this energy is lost to the environment. The aim of the presented work is to study the possibility of using the kinetic energy of emitted flows in the field of renewable energy generation. Based on the fact that the air flow moves in a vertical direction and is characterized by a consistent and constant magnitude, and also the infrastructure of the plant allows using exhaust gases to ensure uninterrupted power supply to certain areas of the plant through the use of a vertical-axis wind turbine and, accordingly, a wind power generator.

Keywords: Airflow; Cement production; Emission system; Emitted gases; Energy conversion; Kinetic energy; Vertical wind turbine.

განხილვის თარიღი 27.10.25

შემოსვლის თარიღი 26.12.25

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.03.2026