

TO DETERMINATION OF VENTILATION AIR OF THE METRO OF TBILISI BY THERMAL FACTOR

Authors LANCHAVA O.A, NOZADZE G.C., ARUDASHVILI N.N., KHOKERASHVILI Z.Z.

Publication date 2017

Journal Mining Journal

Description It is established that the geothermal field of a massif around underground structures located above the neutral layer is non-stationary because of the influence of solar radiation. Below the above marked layer, the formation of the geothermal field of the subsoil is due to the process of depths and is stationary. The definition of these fields is necessary for the performance of the thermal physical calculation of the ventilation and the specification of the air consumption of the underground facilities of the metro by the thermal factor. The paper gives formulas, tables and graphs with the help of which it is possible to reliably determine the sought-for geothermal fields.

Volume 38

Issue 1

Pages 92-96

Publisher GEORGIAN MINING SOCIETY, GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY, LEPL G. TSULUKIDZE MINING INSTITUTE

REFERENCES

1. СНиП II-44-78. Тоннели. Нормы проектирования. Москва, 1978.
2. Единая методика прогнозирования температурных условий в угольных шахтах. Макеевка-Донбасс, Издательство МакНИИ, 1979.
3. Building Climatology. Design standards. Tbilisi, 2008. p. 83 (Georgian).

ISSN 1512-407X

საბთომ საბავსნიერო
საინჟინერო

საინფორმაციო

ანალიზური

რეფერირებადი

საბთომ

Mining Journal

1(38)

Горный Журнал

2017

МАХАРАДЗЕ Л.И., СИЛАГАДЗЕ В.А., ДЖАНГИДZE
М.В., СТЕРЯКОВА С.И.

ВЛИЯНИЕ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ В МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА НАДЕЖНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ

В статье рассмотрен вопрос влияния пульсаций давления в магистральных трубопроводах напорных гидротранспортных систем на надежность и эффективность, так как такие пульсации в анало-

гичных системах возникают очень часто, даже при процессах, предусмотренных технологией эксплуатации (при запуске и остановке последовательно включенных в трубопроводной магистрали грунтовых насосов); даны результаты экспериментальных исследований таких процессов, проведенных на лабораторных установках и крупных промышленных системах; даны также результаты анализа таких процессов и рекомендаций для их предотвращения, которые будут способствовать повышению надежности, ресурса эксплуатации и эффективности рассмотренных систем.

უპა 622.4.536.24:624.191.94

ტიმბ. მიცნ. დოქტორი, პროფ. ო. ლანჩავა, აკად. დოქტორი ვ. ნოზაძე,
აკად. დოქტორი ნ. არუდიაშვილი, დოქტორანტი ზ. სოკირაშვილი
სითბური ფაქტორის მიხედვით თბილისის მეტროს სავენტილაციო
ჰაერის გაანგარიშებისათვის

ნაშრომში დადგენილია, რომ ნეიტრალური შრის ზემოთ განლაგებული ნაგებობებისათვის საბოლოო მასივის გეოტექნოლოგიურ ველს აქვს არასტაციონარული ხასიათი, რადგან განიცდის შრის რადიაციის გავლენას, ხოლო ჰიესომეტრულად უფრო ღრმა ჰორიზონტებზე აღნიშნული ველები სტაციონარულია და ტექნოლოგიის სიდიდე მთლიანად განპირობებულია მიწისქვეშ მიმდინარე პროცესებით. აღნიშნული ველების დადგენა აუცილებელია ვენტილაციის თბოფიზიკური გაანგარიშებისა და მეტროს მიწისქვეშა ნაგებობებისათვის საჭირო სავენტილაციო ჰაერის ხარჯის დაზუსტებისათვის სითბური ფაქტორის მიხედვით. ნაშრომში მოცემულია ფორმულები, ცხრილები და გრაფიკები, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელია საბოლოო მასივის გეოტექნოლოგიური ველების სარწმუნო განსაზღვრა.

სამუშაო შესრულებულია შოთა რუსთაველის
ეროვნული სამეცნიერო ფონდის 216968 გრანტის და-
ფინანსებით.

მეტროს სავენტილაციო სისტემაში ჰაერის ხარჯის გაანგარიშება ხდება მიწისქვეშა ნაგებობების შემდეგი ძირითადი მაჩვენებლების მიხედვით: მგზავრების რიცხვი; მიწისქვეშ გამოყოფილი მანე აირები, სითბო და ტენი; ჰაერცვლის ჯერადობა. საბოლოოდ აიღება რომელიმე ფაქტორის მიხედვით განსაზღვრული ჰაერის ის ხარჯი, რომელიც ყველაზე მეტი გამოვა.

სავენტილაციო პარამეტრების დადგენისა და სავენტილაციო დანადგარების შერჩევის მიზნით აღნიშნული გაანგარიშება პრაქტიკულად შემდგენილია ხორციელდება: ანგარიშობენ ჰაერის ხარჯს მგზავრების რაოდენობის მიხედვით – “პიკის საათის” პირობებში 1 ადამიანზე უნდა მოდიოდეს მინიმუმ 50 მ³/სთ ჰაერი. როგორც წესი, ჰაერის აღნიშნული რაოდენობა უზრუნველყოფს მგზავრების სუნთქვისა და სხეულიდან აორთქლების შედეგად მიწისქვეშა სივრცეში გამოყოფილი ტენის ასიმილაციას და ამ უკანასკნელი მაჩვენებლის მიხედვით, ჰაერის ხარჯის გაკონტროლება, პრაქტიკულად საჭირო აღარ ხდება. ამის შემდეგ ანგარიშობენ საბოლოო მასივიდან გამოყოფილი მანე აირების უსაფრთხო კონცენტრაციამდე დასაყვანი ჰაერის ხარჯს და შემდეგი გაანგარიშებისათვის ძალაში

ტოვებენ მაქსიმალურ სიდიდეს.

აღნიშნული ფაქტორების მიხედვით დადგენილი ჰაერის მაქსიმალური ხარჯი აიღება საბაზოდ და მოწმდება ჰაერცვლის ჯერადობის მაჩვენებლის მიხედვით შემდეგი ფორმულით

$$k = \frac{L}{V}, \quad (1)$$

სადაც k არის ჰაერცვლის ჯერადობის მაჩვენებელი, სთ⁻¹; L - ჰაერის მოცულობითი საათური ხარჯი (მაქსიმალური საბაზო), მ³/სთ; V - მეტროს მიწისქვეშა ნაგებობების ჯამური მოცულობა, მ³.

იმ შემთხვევაში, თუ ჰაერცვლის ჯერადობა $k \geq 3$, მაშინ ძალაში ტოვებენ ანგარიშით მიღებულ ჰაერის ხარჯს, ხოლო თუ $k < 3$, მაშინ ჰაერის ხარჯის გადანგარიშება ხდება პირობიდან $k = 3$, საბოლოოდ აიღება ამ გზით მიღებული სიდიდე და სავენტილაციო დანადგარებიც შესაბამისად შერჩევა.

შედარებით რთულია გამოყოფილი სითბოს განეიტრალებისათვის საჭირო ჰაერის რაოდენობის დადგენა, რადგან მიწისქვეშ მიმდინარეობს თბოგადაცემის რთული არასტაციონარული პროცესი, რაც შედეგადად საბოლოო მასივისა და სავენტილაციო ნაკადს შორის ენერჯის მიმოცვლისა. წინამდებარე ნაშრომი მიძღვნილია ამოსავალი სიდიდეების – საბოლოო მასივის ბუნებრივი ტექნოლოგიის განსაზღვრისადმი დედამიწის ზედაპირიდან ნებისმიერ სიღრმეზე განლაგებული სადგურების, გადასარბენებისა და სხვა მიწისქვეშა ნაგებობებისათვის. გამარტივებული სახით ამ შემთხვევაში გვირახი შესაძლებელია წარმოდგენილი იქნეს წრიული ფორმის გავრცობილი ღრუ ცილინდრის სახით, რომელშიც მოძრაობს ჰაერი და თბომომცვლას ახდენს გარშემომცველ უსასრულო საბოლოო მასივთან.

თბოფიზიკური გაანგარიშების სირთულეს აგრეთვე განაპირობებს სითბოს გამოყოფის მრავალი წყარო – მატარებლები, მგზავრები, ესკალატორები, ტრანსფორმა-

ტორები, დენის გამმართველი, გამანაწილებელი და მიმწოდებელი მოწყობილობები, მათი თბოფიზიკური გაანგარიშების მრავალფეროვნება, აგრეთვე სამთო მასივზე სითბოს გადაცემის პროცესის რთულად შეფასების საკითხი გამაგრების შრეებისა და მათი თბოფიზიკური მახასიათებლების გავლენის მხედველობაში მიღების საჭიროების გამო.

აღსანიშნავია, რომ თანამედროვე პირობებში თბილისის მეტროში მოძრაობის სიხშირე არის მაღალი, დამახასიათებელია ინტენსიური მოძრაობა, ხოლო ანალოგიურ პირობებში აუცილებელია მეტროს გვირაბების ვენტელაციის თბოფიზიკური გაანგარიშება. "მოძრაობის პირობითი ინტენსიურობა" განისაზღვრება ფორმულით

$$n = n_1 n_2 \geq 120, \quad (2)$$

სადაც n არის "მოძრაობის პირობითი ინტენსიურობა"; n_1 - მგზავრების რიცხვი ერთ ვაგონში; n_2 - ვაგონების რიცხვი შემადგენლობაში.

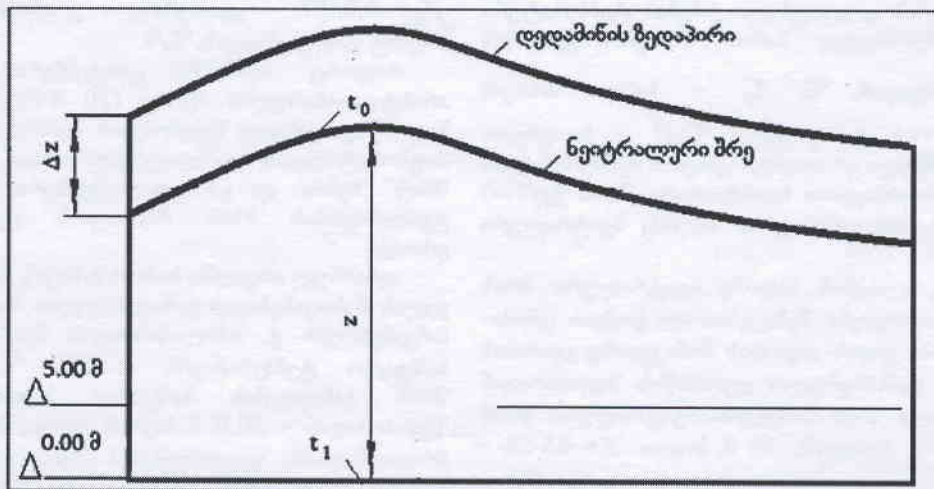
როგორც ფორმულიდან ჩანს, მოძრაობის პირობითი ინტენსიურობის კრიტიკული მაჩვენებელი "120", შესაძლებელია გვექნეს 3-ვაგონიანი მატარებლების შემთხვევაშიც, თუმცა მიღებულია, რომ შემადგენლობაში უნდა იყოს 5 ვაგონი და მოძრაობის სიხშირე "პიკის საათში" ორივე მიმართულებით უნდა იყოს მინიმუმ 24 წყვილი მატარებელი [1]. ასეთ პირობებში აუცილებელია ჰაერის ხარჯის თბოფიზიკური გაანგარიშებით დადგენა.

თბოფიზიკური გაანგარიშების მართებული შესრულებისათვის აუცილებელია ხელთ გვექონდეს სარწმუნო მონაცემები: გრუნტში მიმდინარე გეოთერმული პროცესების შესახებ, ქანების თბოფიზიკური მახასიათებლების

შესახებ და ვიცოდეთ აგრეთვე თბოგაცემის ხასიათი ორკომპონენტური თერმოდინამიკური სისტემის "სამთო მასივი - სავენტელაციო ჰაერი" გამყოფ ზედაპირზე [2].

როგორც აღნიშნა, თბოგადაცემის პროცესები მიწისქვეშა ნაგებობებში ყოველთვის არასტაციონარულია, რომლისგანაც უნდა გავმიჯნოთ სამთო მასივის გეოტემპერატურული ველის მდგომარეობა, რომელსაც შესაძლებელია ექნეს როგორც სტაციონარული, ისე არასტაციონარული ხასიათი. გეოტემპერატურული ველი სტაციონარულია შედარებით დიდ სიღრმეზე, "ნეიტრალური შრის" ქვემოთ განლაგებული სადგურებისა და გადასარბენების შემთხვევაში, როცა გარშემომცველი სამთო მასივის ტემპერატურა აღარ არის დამოკიდებული შრის რადიაციაზე და განპირობებულია წიაღში მიმდინარე პროცესებით (იხ. ნახ. 1), რომლებიც სეზონური ცვალებადობით არ ხასიათდებიან.

ასეთ შემთხვევაში სამთო მასივის ბუნებრივი ტემპერატურის განსაზღვრა პირველი მიახლოებით შესაძლებელია გეოთერმული გრადიენტისა და ნეიტრალური შრის მახასიათებელი სიდიდეების მეშვეობით. ნეიტრალური შრე არის ის წარმოსახვითი შრე სამთო მასივში, რომლის ფარგლებშიც ტემპერატურა წლის განმავლობაში არ იცვლება. ნეიტრალური შრის ზემოთ განლაგებულ გრუნტში ტემპერატურა იცვლება მზის რადიაციაზე დამოკიდებულებით და განიცდის როგორც სეზონურ, ასევე დღე-ღამურ ცვალებადობას. ნეიტრალური შრის ქვემოთ განლაგებულ სამთო მასივში ტემპერატურა სიღრმის ზრდით განუზრვლად მატულობს, რასაც დედამიწის სიღრმეში მიმდინარე გეოლოგიური პროცესები განაპირობებს. ნეიტრალური შრე ხასიათდება მისი ტემპერატურით და ზედაპირიდან განლაგების სიღრმით.



ნახ. 1. სამთო მასივის ბუნებრივი ტემპერატურის განსაზღვრის ილუსტრაცია სტაციონარული გეოტემპერატურული ველის პირობებში: Δz - ნეიტრალური შრის დაშორება დედამიწის ზედაპირიდან (იგი იმეორებს დედამიწის რელიეფის ფორმას), მ; t_0 - ნეიტრალური შრის ტემპერატურა, °C; t_1 - გაუცივებელი ქანების ტემპერატურა გვირაბის გარშემომცველ სამთო მასივში, °C; 0.00, 5.00 - გვირაბის საგები გვერდისა და ჭერის პირობითი ნიშნული, მ

ნეიტრალური შრის ტემპერატურა თბილისის რაიონების მიხედვით გაანგარიშდა და მოცემულია ცხრილში 1, ხოლო ზედაპირიდან განლაგების სიღრმე – ცხრილში 2.

ცხრილი 1

ნეიტრალური შრის ტემპერატურა თბილისის რაიონების მიხედვით

რაიონი	ტემპერატურა, °C	რაიონი	ტემპერატურა, °C	რაიონი	ტემპერატურა, °C
ავჭალა	12,4	დილომი	12,3	ობსერვატორია	12,7
აეროპორტი	12,3	დიღუბე	12,6	საბურთალო	12,2
ბოტ. ბაღი	12,8	ვარკეთილი	11,5	ფონიჭალა	12,7
გლდანი	12,0	ლილო	12,1	ღრმაღელე	11,9
დ/დილომი	12,6	მთაწმინდა	10,8	–	–

ცხრილი 2

ნეიტრალური შრის ჩაწოლის სიღრმე (Δz) დედამიწის ზედაპირიდან

რაიონი	სიღრმე, მ	რაიონი	სიღრმე, მ	რაიონი	სიღრმე, მ
ავჭალა	28,4	დილომი	28,0	ობსერვატორია	–
აეროპორტი	29,3	დიღუბე	28,0	საბურთალო	28,4
ბოტ. ბაღი	30,3	ვარკეთილი	28,4	ფონიჭალა	28,3
გლდანი	30,0	ლილო	30,0	ღრმაღელე	29,8
დ/დილომი	28,7	მთაწმინდა	35,3	–	–

გვირახის ირგვლივ განლაგებული სამთო მასივის ბუნებრივი ტემპერატურა შესაძლებელია განისაზღვროს ფორმულით

$$t_1 = t_0 + \beta z, \quad (3)$$

სადაც t_1 არის გაუცივებელი ქანების ტემპერატურა გვირახის გარშემომცველ სამთო მასივში გვირახის ზედაპირის მიხედვით, °C; t_0 – სამთო მასივის ნეიტრალური შრის ტემპერატურა, °C; β – მოცემული რაიონის გეოთერმული გრადიენტი (ქანების ტემპერატურის ნაშატი 1 მ-ის ჩაღრმავებით ნეიტრალური შრის ქვემოთ), °C; Z – გვირახის განლაგების სიღრმე ნეიტრალური შრის ქვემოთ.

გვირახის განლაგების სიღრმე ნეიტრალური შრის ქვემოთ Z გამოითვლება შემდეგნაირად: ვთქვათ ცნობილია, რომ გვირახი გადის დიღუბის მონაკვეთზე, გვირახის საგები გვერდი დაშორებულია დედამიწის ზედაპირიდან 65 მ-ით. ცხრილი 2-ის მიხედვით, ნეიტრალური შრის ჩაწოლის სიღრმე შეადგენს 28 მ, ხოლო $Z = 65 - 28 = 37$ მ.

(3) ფორმულაში შემავალი დაყვანილი გეოთერმული გრადიენტის რიცხვითი სიდიდეები იცვლება როგორც გეოგრაფიული ადგილმდებარეობის, ასევე სიღრმის მიხედვით. მისი რიცხვითი სიდიდე ინგარიშება თბილისის ყველაზე დაბალი წერტილის (დიღუბე, 428 მ), მიხედვით შემდეგი ფორმულით

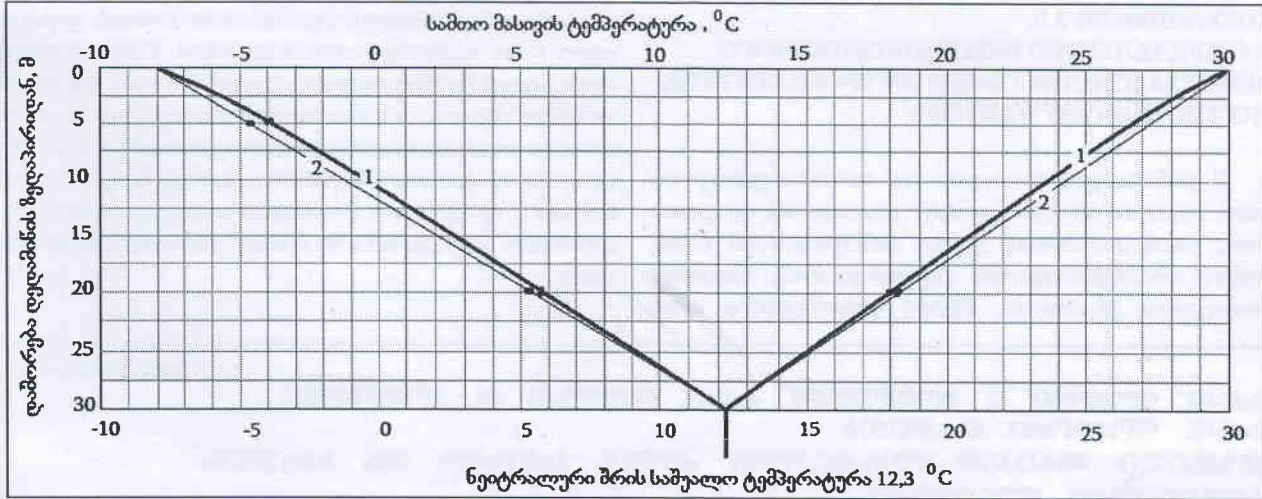
$$\beta = \beta_0 - 0,012\Delta h, \quad (4)$$

სადაც β არის დაყვანილი გეოთერმული გრადიენტის რიცხვითი სიდიდე, °C/მ; Δh – ადგილმდებარეობის სიმაღლის ნაშატი დიღუბის ნიშნულთან შედარებით, მ;

$\beta_0 = 0,0357$ – გეოთერმული გრადიენტის რიცხვითი სიდიდე დიღუბისათვის, °C/მ.

როგორც აღინიშნა, გეოტემპერატურული ველი არასტაციონარულია მცირე (20 მ-მდე) და საშუალო სიღრმეზე აგებული ნაგებობების შემთხვევაში, რომლებიც ჰიფსომეტრულად განლაგებული არიან “ნეიტრალური შრის” ზემოთ და განიცდიან ტემპერატურის სეზონურ ცვალებადობას მზის რადიაციის ცვალებადობასთან ერთად.

აღნიშნულ არეალში სამთო მასივის ტემპერატურული ველის შესაფასებლად გამოყენებულია შემდეგი საშუალო მაჩვენებლები ქ. თბილისისათვის: ნეიტრალური შრის საშუალო ტემპერატურა – 12,3 °C, ნეიტრალური შრის განლაგების საშუალო სიღრმე დედამიწის ზედაპირიდან – 30,0 მ, ჰაერის საშუალო ტემპერატურა მრავალწლიანი დაკვირვებების მიხედვით – 12,3 °C. ნიშანდობლივია, რომ ნეიტრალური შრისა და ჰაერის საშუალო ტემპერატურა ქ. თბილისისათვის ერთნაირია, რაც იმით აიხსნება, რომ ზამთარში თოვლის საფარი და ზაფხულში მწვანე საფარი შედარებით ნაკლებად არის წარმოდგენილი. შესაბამისად, დედამიწის ზედაპირი არ არის საკმარისად იზოლირებული მზის პირდაპირი რადიაციის გავლენისაგან.



ნახ. 2. სამთო მასივის ბუნებრივი ტემპერატურის განსაზღვრის ილუსტრაცია არასტაციონარული გეოტემპერატურული ველის პირობებში: 1 – ექსპერიმენტული გეოთერმოგრამა; 2 – გაწრფივებული გეოთერმოგრამა

როგორც ნახ. 2-დან ჩანს. ზამთრის პირობებში, როცა ყველაზე ცივი 5-დღიური ტემპერატურა არის - 8 გრადუსი, დედაბინის ზედაპირიდან 20 მ სიღრმეზე სამთო მასივის ტემპერატურა ექსპერიმენტული გეოთერმოგრამის მიხედვით არის 4,2 °, ხოლო გაწრფივებული გეოთერმოგრამის მიხედვით – 4,8 °. სიზუსტე 10-15 % დიაპაზონში დასაშვებია საინჟინრო თბოფიზიკური გაანგარიშებებისათვის.

ამგვარად:

– სამთო მასივის გეოტემპერატურული ველი სტაციონარულია “ნეიტრალური შრის” ქვემოთ განლაგებული სადგურებისა და გადასარბენებისათვის, რაც განპირობებულია წიაღში მიმდინარე პროცესებით,

ხოლო ჰიფსომეტრულად უფრო მაღალ ნიშნულზე არსებული ნაგებობებისათვის აღნიშნული ველი ხასიათით არასტაციონარულია და მასივის ტემპერატურა განიცდის სეზონურ ცვალებადობას მზის რადიაციის გავლენით;

– წარმოდგენილი მასალის მიხედვით შესაძლებელია განისაზღვროს მეტროს ვენტილაციის თბოფიზიკური გაანგარიშებებისათვის საჭირო ამოსავალი მონაცემები: – სამთო მასივის გეოტემპერატურული ველის მახასიათებელი ტემპერატურები წელიწადის ნებისმიერი პერიოდისათვის, როგორც ღრმა განლაგების, ისე შედარებით ნაკლებ სიღრმეზე განლაგებული მიწისქვეშა ნაგებობებისათვის.

ლიტერატურა

1. СНиПШ-44-78. Тоннели. Нормы проектирования. Москва, 1978. 22 с.
2. Ш.И. Ониани, О.А. Ланчава. Методика прогнозирования температурного режима шахт в осложненных условиях. В кн.: Единая методика прогнози-

рования температурных условий в угольных шахтах. Макеевка-Донбасс, 1979. с. 75-92.

3. სამშენებლო კლიმატოლოგია (პნ 01.05-08), დამტკიცებულია საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის 2008 წლის 25 აგვისტოს 1-1/1743 ბრძანებით როგორც დაპროექტების ნორმა, თბილისი. 83 გვ.

LANCHAVA O., NOZADZE G., ARUDASHVILI N., KHOKERASHVILI Z.
DETERMINATION OF VENTILATION AIR OF THE METRO OF TBILISI BY THERMAL FACTOR

It is established that the geothermal field of a massif around underground structures located above the neutral layer is non-stationary because of the influence of solar radiation. Below the above marked layer, the formation of the geothermal field

of the subsoil is due to the process of depths and is stationary. The definition of these fields is necessary for the performance of the thermal physical calculation of the ventilation and the specification of the air consumption of the underground facilities of the metro by the thermal factor. The paper gives formulas, tables and graphs with the help of which it is possible to reliably determine the sought-for geothermal fields.

ЛАНЧАВА О.А., НОЗАДЗЕ Г.Ч., АРУДАШВИЛИ Н.Н.,
ХОКЕРАШВИЛИ З.З.

**К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО
ВОЗДУХА ТБИЛИССКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА
ПО ТЕПЛОВОМУ ФАКТОРУ**

В работе установлено, что геотемпературное поле горного массива вокруг подземных сооружений, расположенных выше нейтрального слоя, носит нестационарный характер из-за влияния солнечной радиации. Ниже отмеченного слоя

формирование геотемпературного поля недр обусловлено глубинными процессами земной коры, а само поле является стационарным. Определение этих полей необходимо для выполнения теплофизического расчёта и уточнения расхода вентиляционного воздуха подземных сооружений метро по тепловому фактору. В работе даются формулы, таблицы и графики, с помощью которых можно достоверно определить искомые геотемпературные поля.