

?????????? ?????????????????????? ???????? ?????????????????? ???????? ?????????? ??????????????, ?? ?????????????? ??????????????
 ?????????????????? ??????????, ? ?????????????? ???????? ?????????? ???????? ???? ?????????????? ???????? ??????????. ? ?????? ?????????? ??????
 ?????????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????? ?????????????? ?????????????????????????????? ???????? ? ?????????? ??????, ????????? ?
 ???????? ?????????????????? ? ?????????? ??????????

???????? ? ?????? ?????????????????? ?????????????? ??????????????, ?????? ?????????, ?? ?????????????? ??????????????
 ?????????????? ?????????????? ?????????????? ??? ???? ?????????????? ?????????? ?????? ?????????? ? ??? ?????????? Petrosyan et al.
 (2022) [22] ?????????????? ?????????????????? ??????, ?????????????????? ?????????????? ?????? ?????????? ?????? ? ?????????????? ?????? (?????,
 ?????????? ??????, ?????????? ? ??????) ??? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????????? ??????. ?????????????? ?????????????? ??????????
 ?????????????? ?????????????? ?????????? ? ?????????????? ?????? ??? ?????????????????? ?????????????????? ??????.

???????? ???? ?????, Riggert et al. (2018) [21] ?????????? ?????????? ???? ????? ?????????? ???? , ?????????
 ?????????????????? ?????????, ????????? ????????? ????????? ??????????: ????????? ??????????, ?????????????? ??????????,
 ????????????? ????????? ?????????????? ? ?????????????????? ?????????? ??????

????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????????? ??????????. ???, Baek et al. (2022) [2] ?????????????????????, ?? ?????? ?????????? ?????????????? ?????? ?????????????? ?? 17% ?? ????????? 0-10 ?? ? ?? 27% ?? ????????? 10-20 ?? . ????????? ?????????????? ?????????????? ?????? ?? ? ?????? ????????????????? - 30% ? 20% ?? ????????????????????? ??????????. ?????????????? ?????????????? ?????????? Presecan et al. (2024) [19], ?????????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????????????? ?????????????? ?????? ?????? 15 ?????????? ?????????? ?? ??????????.

????????? ?????? ?????????? ?????????????? ?????????? ?????????????? ??????. Startsev et al. (2022) [5] ??????????, ?? ?????? ??? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????? ?????????????? 11 ± 3 ??, ?????? ?? ?????? ?????????? ?????????? ??? ?????? ?????????????? 66 ?? ?? ?????????? ?????????????? 27 ± 4 ??, Erktan, A et al. (2023) [6] ??????????????, ?? ?????? ?????????? ?????????????? ?????? ?????????????????? ? ?????????? ??????, ?????????? ?????????????????? ?????????? ? ?????????? ?????????? ??????????.

?????????? ??????????????? ???????, ??????? ???????, ?? ????????????? ??????????? ????????????? ?????????? ??????????????
 ??? ?? ??????????? ???????. ??????????? ????????????????? ??????????????? ??? ?????????? ? ??? ?? ??????? ???????, ?? ?????
 ?????????? ?????????????????, ? ??????? ??????? ??-?? ????????????? ????????????? ???????????.

?????????? ??????? ?????????????, ??????????? ?????? ?????? ????????????? ??????? ??? ? ??? ????????. ??????????????? ???????????????
 ??????????????? ??????????????? ?????????? ? ?????????????? ??????????? ?????? ????????. **Presecan et al. (2024) [18]** ???????????, ??
 ?????????? ?????????? ?????????? ?????????????? ?? ??????????????? ????????????? ??????, ? ?? ?????? ?? ?????????? ???????????
 ?????????? ? ?????? ??????????????? ?????????????.

????????? ?????? ??? ?????? ?????? ? ?????? ?????? ? ??. (2025) [25], ??? ??? ???????????, ??? ?????? ? ?????????????? 4×4
? 6×6 ??????? ?????????? ????? ?? 23-50% ?? ????? ?????? ?????? ??????????. ?? ??? ?????????? ??????????? ?????? ??? (21-
31%) ?????????? ?? ????????? ????????? ? ????????? ? ????????? ??????????.

????????? ?????? ?????? ?????? ?????????? ??????, ?????????? ?????? ?????????? ?????? Muhdi et al. (2022) [16]
 ?????????????????, ?? ?????????? ??? ?????????????? ? ?????? ?????????????? ??????: ??? 5, 10 ? 15 ?????? ??????????
 Startsev et al. (2022) [5] ??????????, ?? ?????????? ??????-????????? ?????? ?????? ?????? ? ?????????? ??????

?????? ?????????, ??????????? ??????? ???????????, ??????? ?????????? ?????? ?? ?????? ?????????? Germer et al. (2025) [7]
 ??????????, ?? ????????????? ?????????? ??????? (MSP), ?????????? ? ?????? ?????, ??? ?????? ?????????? ?? ?????? ?????? ??
 ?????????? ? MSP, ????????????? ? ?????? ??????. ?? ?????? ? ??, ?? ?????? ?????? ?????? ?????? ? ?????????????? ?????????? ?
 ?????? ?????? ??????? ?????????????.

???????? ??????????? ????????? ???????????, ????????? ?????????? ????????? ????? ??????. **Riggert et al. (2018)** [21] ????????????? ?????? ??????, ????????????? ????????????? ????????????? ?????? (????????? ??????, ????????????? ?????????????) ? ????????? ????????????? (????????? ?? ???????, ?????????? ?????????????). ????????????????? ?????????????, ?? ????????????? ?????? ?????? ?????????? ? ??????????????, ?? ???????????.

? ?????????? ?????????????????? ?????????????? ?????? ?????????? ?????????????????? ?????????????????????? ??????????. ?????? ??????????? ?????? ?????????????????? ?????????????????? ?????? ? ?????????????????? ?????????????????????? ??????????, ?????? ?? ????????? ?? ????? (DTW) ? ?????????????????? ?????? ?????????? (TWI). ?????? ???-?????? **Latterini et al. (2024)** [12] ??????, ?? ?????? DTW ? ?? ??????? ?????? ?? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????????????? ?????????? ??????, ?????????????????? ? ??????????, ?????????? ??????????.

????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????????? ? ?????? ??????????????. ?????????????? ?????????????????? ?????? ???? ?????? ?????????? ?????????????? ?????? ?????? ??????, ?????????? ?????????? ?????????????? ?????????????? ?????????? ? ?????????? ?????????? ???????????????????. Karnaukhov et al. (2023) [9] ?????????????? ?????????????? ?????????? ?????????????? ?????????????? ?????????? ??????????????.

???????? ? ?????????? ??????????? ???????????, ??????? ?????? ?????? ????????????? ????????????? ????????????? ?????????? ???????????. ???????????
 ? ???????? (2023) [23] ??????????? ??????? ??????????? ??????????? ?????????????? ?????????? ?????????? ?? ?????????: ???????????
 ???????????????, ?????????? ?????? ???????, ??????????????? ?? ? ????????? ???????????, ????????????????? ?????????? ?????? ?
 ??????????????.

?????? ??????? ?????????? ????????????? Makunina et al. (2023) [14], ?????????? ?????????????? ?????????? ?????????? ?????????? ??????????, ?? ????? ?????? ?????????? ?????????? ?????????? ?? ????? ?? 74,7 ?? ?????? 102,8 ?? ? ?????????? ?????????, ?? ????????????? ?????????? ?????????????? ? ?????????? ?????????????? ?????????? ?????? ?? ? ?????????? ?????????????????? ?????????

?????????? ?????????? ?????????? ? ??????????????? ?????????????????? ??????????????? ??????????????? ?????????? ??????????????? ?????????? **Labelle et al. (2021) [11]**, ??????????? ?? ??????????? ??????????????? ??????????????:

–?????????? ????? (?????????????? ??? ? ??????? ????????? ? ????????? ????????? ? ??????)

–????????? ?????????????? ??????? ?????? (????????????? ???? ?? ?????????? ??????????)

_____ ()

Prinz et al. (2023) [20], Šušnjar et al. (2023) [15]

Mahura et al. (2023) [13], Nunes et al. (2023) [18]

Karami et al. (2022) [8], Nieminen et al. (2023) [17]

Karami et al. (2022) [8], Startsev et al. (2022) [5]

????????

$$h_k = \frac{1}{n}, \quad (1?)$$
$$? = \frac{1}{n}, \quad (1?)$$

???:

- h_k -
- a -
- p -
- τ -
- γ -
- θ -
- n -

???

??????

??????

- $Q = 8$
- $L = 0,42$
- $B = 0,73$

—?????? ??????: S = 0,3066 ?²

—????? ?????????? ??????: a = 0,19-0,23 ? (? ?????????? ?? ??????????)

????????? ??????????:

????????????? ?? ?????????? ?????????? ??????????:

????????? 1 (W = 32%, W/W_? = 0,78):

?????????: C = 10,9 ???

??? ?????????? ??????: ? = 17,5°

????? ?????? ??????????: E = 700 ???

????????????? ??????????: ? = 0,32

????????? 2 (W = 41%, W/W_? = 1,00):

?????????: C = 6,5 ???

??? ?????????? ??????: ? = 13,3°

????? ?????? ??????????: E = 400 ???

????????????? ??????????: ? = 0,41

????????? ?????????? ??????????:

??? ?????? ??????: ? = 0-30°

????????????? ??????????: ? = 0,02-0,32

????????????? ?????? ??????: h_? = 0,2-0,3 ?

????????????? ?????????? ??????: ? = 0,93

????????????? ??????: K_? = 0,4-0,6

????????? ??????

??????? ???????????? ? ???????????????? ???????????????? ?????????????????? ?????????? ? ???????????????????? ??????????????:

1. ?????????? ?????????? ?????? ?? ?????????? ?????????? ??????????.
2. ?????????????? ?????????? ? ?? ?????????? ?? ?????????? ?????????? ?????????????.
3. ?????????? ?????? ?????????????????? ? ?????? ?????????????? ?? ?????????? ??????
4. ?????? ?????????????? ??????? ??? ?????? ?????? ? ?????????????? ??????????

?? ???????? ?????????????? ? ?????????? ?????????? ???????? ?????????? ? ??????????, ?? ?????????????? ?????????? ??????????????
????????????? ??????????????

????????????? ??????????????

? ?????????? ?????????????? ?????????????????? ?????????????????? ? ?????????? ???????? ?????????? ?????????????????? ?????? ??????
????????? ?????????? ?? ???????? ?????????????????? ?????? ?????? ? ?????????????????? ?? ?????????????????? ?? ???????? ??????????????
????????????? ?????????????? ?????????????????? ?????????????? ?????? ?????????????? ??????????????, ?????????????????????? ?????? ?????? ? ?????????? ??
????????????????, ?? ?????????????????? ???????? ???????? ?? ?????????????? ?????????????????????? ?????????? ?????????????????? ? ?????????
????????????????????? ??????????

????????????? ?????? ?????????? ?????????? ?????????????? ??? ?????????????????? ?? ? ?????????????? ?? ?????????? ?? = ?/p ??? ?????????????????
????????? ?????????????? ???????? ?????? h? = a = 0,2 ? ? ?????????????? ?????????? ? = 0,35, ?????????????? ?? ?????????????????? ?????????
????????????????? (???????? 1).

???????? 1. ?????????????? ?????????????? ??? ?????????????????? ?? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????????? ?? ?????? ? ??????????
????????????????? ??????????

Figure 1. Dependence of the maximum maneuvering angle on the ratio of the shear strength of the soil to the vertical pressure
?????????: ?????????????? ?????????????? ??????????

Source: author's composition

?????????????, ?? ?????????????? ??(?) ?????? ?????????????????? ??????????. ?????????? ?????????? ??, ?????????????????? ?????? ??????????
????????????? ?? ?????????? ?????????? ?????????, ?????????? ?????????????? ?????????? ?????????? ??????????????????
????????????????? ??????????

????????? ?????????????? ??????????????

?? ?????????? ?????? ?? ???????? ?????????????? ??? ? = 0,35 ?????????????? ?????????? ?????????? ? = 0,55. ?????????? ?????????
????????????? ?????????? ? ?????????????? ?????????? [17-19], ?????????????????? ?????????????? ?????????????? ?? = ?h ?????????? 55% ?? ??????????????
????????????? ?????????????? ?h = p/(h/a)?.

????????????? ?????????????? ?????????? ?????????, ?? ?????????? ?????????????????? ?????????????? ???????? ? = 0,5(?h - ?) ?????????? ???????? ??????????
????????????????? ?? ?????? ?. ?????????? h, ?????????????????????? ?????????? ?????????, ?????????????????? ? ?????????? ?????????? ?????????? h?

?????????? ?????????? ?????????? ?? ?????????????? ????????? ?????????? ?????? ? ?????????????? ?????? ??????????? $n = 0,725$.
????????????????, ??????????? ?????? ? ?????????? ?????? ?????? ?????? $1/n = 1,4$. ?????? ?????????? ??????????? ?? ??????????????,
???????? 2, ?????????????? ? ?????????????? ????????? ?????????????? ?????? [22-26].
?????????? ?????????????? ?????????????? ?????? ?????????????? ?????? ?????????? ?????????????? ? ?????????????? ?????????????? ?????????
????????? ?????? ?????? ?????? ??????. ?????????????? ?????????? ?????????????????? ?????? ?????????????? ?????????????? ?????????????? ?????? ??
????????????? ??????, ?? ?????????? ? ?????????????? ?????? ?????????????, ?????????? ?????? h ? ? ?????????????? ?????????????? ?????? ?????????????????? ?.
?????????? ??????????? ?????? ?? ?????????????? ?? 0 ?? 68°, ?? ?????? ?????????????? ?? ??????????? ?? ?????? ?????????????? ?????????? ? ??????????????
????????? ?????? 5.
??? ?????????????? ?????????????????????? ?????????????? ?????? ??? ?????????? ?????? ?? ?????? $h = 0,2$? ?????????????? ?????? ??????????????????
????????????? ??????????? 20°. ??? ?????? ?????????? p ?? ?????????????? ?? ??????? ?????????????? ??????????????? ?????????? ?????????? ?????????? ??
????? ?.
??? ?????????? ??????????????? (??????, ?????????) ?? ?????????? ?????????????? ? = 12-15 ??? ?????????????? ?????????? ?????????? ??????????
????????????? $p = 36-45$????. ?????????? ?????????? ?? 30-35% ?? 27-30 ??? (????????????? ?? ? 0,3 ?? 0,37) ?????????????? ?????????????? ??????????
????????????????? ? 2 ??? - ? 20° ?? 40° ??? ?????????????? ?????????????? ?? ?????????? ??????.
????????????????? [3,10] ?????????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????????? ?? ?????????????? ?????????????? W ? ??? ?????????????? ?? ??????????????
?????????. ?????????? ?????????????????? ?????????? ?????????????????? ?????????????????? ?????????????????? ??? ?????????????? ?????????????? 75% ?? ?????????
????????????? W ?
? ????????? 1 ?????????????????? ?????????????? ??????-????????????????? ?????????? ?????????? ??? $W = 41\%$??? ?????? ?????????????? ???????????.