

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2022-28-37-40>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИМЕРЗАНИЯ ГРУНТОВ К МАШИНАМ

*Зеньков С.А., Дрюпин П.Ю., Бондалет И.С.
Братский государственный университет, Братск, Россия*

Ключевые слова: примерзание, грунт, факторы влияния, машина.

Аннотация. В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований по установлению зависимости напряжения сдвига грунтов от основных факторов, обуславливающих прочность смерзания грунтов с металлической поверхностью скольжения. Определены основные факторы, влияющие на прочность примерзания грунта к поверхности машин и выполнено ранжирование этих факторов по степени влияния на целевую функцию.

DETERMINATION OF FACTORS AFFECTING THE STRENGTH OF SOIL FREEZING TO MACHINES

*Zenkov S.A., Dryupin P.Yu., Bondalet I.S.
Bratsk State University, Bratsk, Russian Federation*

Keywords: freezing, soil, influence factors, machine.

Abstract: This article presents the results of experimental studies to establish the dependence of soil shear stress on the main factors that determine the freezing strength of soils with a metal sliding surface. The main factors influencing the strength of soil freezing to the surface of machines are determined and these factors are ranked according to the degree of influence on the target function..

При разработке влажных связных грунтов в условиях отрицательных температур из-за примерзания грунта к машинам уменьшается полезный объем ковша, что снижает производительность машин [1-6].

Эксперименты проводились на специальном сдвиговом стенде с использованием теории планирования экспериментов. Обработка результатов экспериментальных исследований по программе "MNKLUX" позволила получить регрессионную модель, определяющую количественный и качественный характер изменения функции отклика от исследуемых факторов при реализации матрицы эксперимента:

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{с.с.}} = & 186,59 + 15,76X_1 + 21,74X_2 + 44,05X_3 + 60,53X_4 + 38,17X_5 - \\
 & - 26,08X_1^2 - 18,15X_2^2 - 2,29X_3^2 - 4,25X_4^2 - 10,04X_5^2 + 8,19 \cdot X_1 \cdot X_2 + \\
 & + 7,18X_1 \cdot X_3 + 9,69X_1 \cdot X_4 - 3,65X_1 \cdot X_5 + 4,65X_2 \cdot X_3 + 11,95X_2 \cdot X_4 + \\
 & + 18,08X_3 \cdot X_4 + 6,59X_3 \cdot X_5 + 11,08X_4 \cdot X_5.
 \end{aligned} \quad (1)$$

При визуальном наблюдении места сдвига образца с поверхности контакта заметны снежно-ледяные прослойки, что подтверждает ранее полученные данные [4-6]: в большинстве случаев прочность смерзания определяется сдвиговой прочностью приграничного слоя (смешанный адгезионно-когезионный сдвиг).

Табл. 1. Матрица планирования и результаты экспериментов

№ опыта	X_1 – дисперсность грунта D_9 , мм	X_2 – нормальное давление на грунт P , кПа	X_3 – влажность грунта весовая W , %	X_4 – температура внешней среды T , °C	X_5 – продолжительность контакта грунта с металлом t , мин	Напряжение сдвига без воздействия $U_{БВ}$, кПа
1	$7 \cdot 10^{-3}$	10	12,5	-5	5,5	33,8
2	$3 \cdot 10^{-3}$	10	12,5	-5	15,5	53,9
3	$7 \cdot 10^{-3}$	30	12,5	-5	15,5	74,6
4	$3 \cdot 10^{-3}$	30	12,5	-5	5,5	52,4
5	$7 \cdot 10^{-3}$	10	22,5	-5	15,5	125,68
6	$3 \cdot 10^{-3}$	10	22,5	-5	5,5	71,2
7	$7 \cdot 10^{-3}$	30	22,5	-5	5,5	58,4
8	$3 \cdot 10^{-3}$	30	22,5	-5	15,5	193,7
9	$7 \cdot 10^{-3}$	10	12,5	-25	15,5	153,6
10	$3 \cdot 10^{-3}$	10	12,5	-25	5,5	90,24
11	$7 \cdot 10^{-3}$	30	12,5	-25	5,5	96,53
12	$3 \cdot 10^{-3}$	30	12,5	-25	15,5	277,22
13	$7 \cdot 10^{-3}$	10	22,5	-25	5,5	150,3
14	$3 \cdot 10^{-3}$	10	22,5	-25	15,5	351,7
15	$7 \cdot 10^{-3}$	30	22,5	-25	15,5	344,6
16	$3 \cdot 10^{-3}$	30	22,5	-25	5,5	351,2
17	$9 \cdot 10^{-3}$	20	17,5	-15	10,5	59,3
18	$1 \cdot 10^{-3}$	20	17,5	-15	10,5	157,54
19	$5 \cdot 10^{-3}$	0	17,5	-15	10,5	88,2
20	$5 \cdot 10^{-3}$	40	17,5	-15	10,5	204,8
21	$5 \cdot 10^{-3}$	20	7,5	-15	10,5	85,42
22	$5 \cdot 10^{-3}$	20	27,5	-15	10,5	367,2
23	$5 \cdot 10^{-3}$	20	17,5	5	10,5	49,2
24	$5 \cdot 10^{-3}$	20	17,5	-35	10,5	379,83
25	$5 \cdot 10^{-3}$	20	17,5	-15	0,5	75,2
26	$5 \cdot 10^{-3}$	20	17,5	-15	20,5	298,3
27	$5 \cdot 10^{-3}$	20	17,5	-15	10,5	231,75
28	$5 \cdot 10^{-3}$	20	17,5	-15	10,5	223,79
29	$5 \cdot 10^{-3}$	20	17,5	-15	10,5	239,5
30	$5 \cdot 10^{-3}$	20	17,5	-15	10,5	233,73
31	$5 \cdot 10^{-3}$	20	17,5	-15	10,5	228,7
32	$5 \cdot 10^{-3}$	20	17,5	-15	10,5	226,9

Анализ уравнения (1) на оптимум показал, что такая точка находится в отрицательной области отклика, что не имеет физического смысла. Таким

образом, в исследованной области поверхность отклика, аппроксимированная уравнением (1), не имеет оптимума, что согласуется с адгезией при положительной температуре [4] и полученными в результате предварительных экспериментов данными влияния этих факторов на прочность смерзания (табл. 1). Ранжирование факторов, осуществленное по квазиоднофакторным моделям, позволило определить степень влияния каждого фактора на целевую функцию и составить ряд в порядке увеличения степени влияния: дисперсность D , давление прижатия P , время контакта t , влажность W , температура T .

Подобный ряд при положительной температуре был получен Р.П. Заднепровским (при отрыве диска [4]) – t, P, W, D и при отрицательной температуре Р.М. Синянской (при продавливании пластины [5]) – D, t, P, T, W .

При отрицательной температуре влияние факторов, полученное в результате проведения экспериментов и в работе [5] имеет незначительные различия, которые можно объяснить некоторым расхождением диапазона изменения факторов (в частности, временем контакта), а также тем, что в работе [5] функция отклика аппроксимирована полиномом первого порядка.

Различия в степени влияния дисперсности с работой [4] объясняются различными температурными условиями проведения экспериментов и выходными параметрами (функциями отклика) – сопротивлением отрыву и сопротивлением сдвигу.

Список литературы

1. Zenkov S.A. Defining parameters of thermal exposure equipment for buckets of mine excavators // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. P. 022147.
2. Zenkov S.A., Kirichenko O.P., Mineev D.A. Reducing adhesion of soil to the earth-moving machines using piezoceramic transducers // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2017. – No 4. – P. 56–58.
3. Rajaram G., Erbach D.C. Effect of wetting and drying on soil physical properties // Journal of Terramechanics. – 1999. – No. 36. – P. 39-49.
4. Заднепровский Р.П. Рабочие органы землеройных и мелиоративных машин и оборудования для разработки грунтов и материалов повышенной влажности. – М.: Машиностроение, 1992. –176 с.
5. Парунакян В.Э., Синянская Р.И. Борьба с прилипанием и примерзанием горной массы к рабочим поверхностям транспортного оборудования на карьерах. – М.: Недра, 1975. – 144с.
6. Zenkov S.A., Dryupin P. Yu., Bondalet I.S. Influence of intermediate layer on the strength of freezing of soil with the metal surface of machines at negative temperatures // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – P. 012033.

References

1. Zenkov S.A. Defining parameters of thermal exposure equipment for buckets of mine excavators // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. P. 022147.
2. Zenkov S.A., Kirichenko O.P., Mineev D.A. Reducing adhesion of soil to the earth-moving machines using piezoceramic transducers // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2017. – No 4. – P. 56–58.
3. Rajaram G., Erbach D.C. Effect of wetting and drying on soil physical properties // Journal of Terramechanics. – 1999. – No. 36. – P. 39-49.
4. Zadneprovsky R.P. Working bodies of earth-moving and reclamation machines and equipment for the development of soils and materials of high humidity. – M.: Mechanical Engineering, 1992. –176 p.
5. Parunakyan V.E., Sinyanskaya R.I. Fight against sticking and freezing of rock mass to the working surfaces of transport equipment in quarries. – M.: Nedra, 1975. – 144 p.
6. Zenkov S.A., Dryupin P. Yu., Bondalet I.S. Influence of intermediate layer on the strength of freezing of soil with the metal surface of machines at negative temperatures // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – P. 012033.

Зеньков Сергей Алексеевич – кандидат технических наук, доцент	Zenkov Sergey Alekseevich – candidate of technical sciences, associate professor
Дрюпин Павел Юрьевич – аспирант	Dryupin Pavel Yurievich – post-graduate student
Бондалет Иван Сергеевич – студент mf@brstu.ru	Bondalet Ivan Sergeevich – student

Received 16.02.2022