

УДК 624.139.6

DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-5-36-43

## ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ МОРОЗОБОЙНЫХ ТРЕЩИН НА КОНСТРУКЦИИ В ГРУНТОВОМ МАССИВЕ

### EVALUATION OF THE IMPACT OF FROZEN CRACKS ON STRUCTURES IN THE GROUND MASSIF



*V. A. Stetyukha, Забайкальский государственный университет, г. Чита  
stetyukha\_chita@mail.ru*

*V. Stetyukha, Transbaikal State University, Chita*

Рассматриваются условия формирования морозобойных трещин в грунтовом массиве и их воздействие на контактирующие с ними конструктивные элементы техногенных объектов. Распространенность этого явления в целом ряде регионов делает проблему актуальной при строительстве зданий, сооружений и инженерных сетей. Рассматривается формирование криогенных трещин и их параметры в разных регионах. Приводятся способы прогнозирования размеров трещин. При исследовании взаимодействия массива грунта с конструкциями применяются методы термодинамики и геомеханики. Учитывается нестационарный теплоперенос в грунтовом массиве, механическое взаимодействие конструктивных элементов с массивом грунта. Применяется метод конечных элементов. В качестве примеров приводятся результаты воздействия криогенного растрескивания грунта на трубу, помещенную в грунт. Приводятся графики внутренних усилий, связанных с перепадом температуры. Устанавливаются зависимости внутренних усилий от количества трещин и расстояния между ними. Результаты исследования представляют интерес при проектировании объектов, размещаемых под землей и имеющих контакт с грунтом

*Ключевые слова: морозобойные трещины; ширина раскрытия; грунт; инженерные объекты; трубопроводы, фундаменты*

The conditions of frost cracks formation in a soil massif and its impact on the structural elements of technogenic objects, contacting them, are considered. The prevalence of this phenomenon in a number of regions makes the problem relevant for the construction of buildings, structures and engineering networks. The formation of cryogenic cracks and their parameters in different regions are considered. The methods for predicting the size of cracks are given. When investigating the interaction of a soil massif with structures, the methods of thermodynamics and geomechanics are applied. The non-stationary heat transfer in a soil massif and mechanical interaction of structural elements with a massif of ground is taken into account. The finite element method is used. As examples, the results of the effect of cryogenic cracking of soil on a pipe placed in the ground are given. Graphs of internal forces associated with the temperature drop are given. The dependencies of internal forces on the number of cracks and the distance between them are established. The results of the study are of interest in the design of underground objects having the contact with the ground

*Key words: frost cracks; opening width; ground; engineering facilities; pipelines; foundations*

---

**В**ведение. Формирование криогенных трещин можно отнести к типичному явлению для целого ряда северных регионов в нашей стране и за рубежом. Имеется информация о характере и зонах их распространения в Якутии и в Забайкалье [5; 6], на острове Ольхон на Байкале [14], в Канаде [13], в Се-

верной Америке [16] и в ряде других северных регионов.

В перечисленных публикациях приводятся основные параметры криогенных трещин (ширина раскрытия, глубина, расстояние между трещинами), которые варьируются в достаточно широких пределах. Например, в Забайкалье расстояние между трещинами, по данным Е. А. Втюриной [5], колеблется от 0,4 до 5 м. Ширина их раскрытия для рассматриваемого региона достигает 5...8 см. В работе С. Е. Гречищева [6] приводится карта, на которой обозначены зоны распространения и средние параметры криогенного растрескивания на территории нашей страны. Для Забайкальского региона указаны: глубина трещин — 1,5 м, ширина раскрытия — 10 см, расстояние между трещинами — 4 м. Для Якутска эти же параметры составляют 1 м, 2,5 см и 4 м соответственно. Отмечается, что интенсивное образование трещин происходит в зимы с низкими температурами при выпадении большого количества осадков в конце лета и осенью.

В работах ряда авторов рассматриваются результаты воздействия морозобойных трещин на конструкции. Результаты воздействия трещин на дорожные покрытия и на конструкции автомобильных дорог в целом приводятся в работах, например, А. М. Бургонутдинова, О. Н. Бурмистровой [1; 2; 3], результаты взаимодействия трубопроводов с грунтами — в публикациях О. Ю. Володченко, С. М. Соколова и других ученых [4; 11; 15]. Примеры аварийных ситуаций, связанных с образованием криогенных трещин, представлены в работе С. Е. Гречищева [6]. При воздействии криогенных трещин на ленточный фундамент здания в Чите отмечено его разрушение. В Якутске криогенная трещина стала причиной формирования сквозной трещины в стене жилого дома. Здесь же описывается характер трещин на проезжей части улиц в Забайкалье и в Якутске.

В результате предпринимаемых ранее попыток моделирования образования криогенных трещин такие модели были получены Б. Н. Доставаловым [9] и С. Е. Гре-

чищевым [6]. Автором настоящей работы оценивались результаты применения указанных моделей для условий Забайкальского региона (приводятся в одной из монографий автора). Результаты оценки моделей показали, что более объективную картину по определению условий образования трещин для региона дает методика, представленная в работе С. Е. Гречищева [6]. Целый ряд авторов в настоящее время продолжают исследовать процессы и механизмы образования морозобойных трещин [1; 2; 3]. Предлагается формировать модели пород с трещинами [12] с учетом теплового режима в массиве и режимов переноса влаги. Особого внимания заслуживают работы, в которых рассматриваются вопросы взаимодействия конструкций с грунтами [4; 7; 10; 11; 15]. В. В. Лалиным, А. В. Яваровым, Б. В. Моисеевым и другими учеными [7; 8] рассматривается совместная работа грунта и трубопровода, отмечается важность учета температурных воздействий. В публикации С. М. Соколова [11] представлены способы расчета трубопроводов и прилегающего грунта с использованием наложения на стенки трубы нелинейных связей. Здесь предлагается также моделирование грунта объемными конечными элементами.

Морозобойные трещины могут оказывать значительное воздействие на инженерные объекты, размещенные в грунтовой массиве. В таких условиях работают более 90 % магистральных трубопроводов, фундаменты зданий и сооружений. Отказы в работе трубопроводов причиняют значительный ущерб окружающей среде. Указания по расчетам трубопроводов приводятся в нормативных документах СП 36.13330.2012. «Магистральные трубопроводы»; СП 34.116.97 «Инструкция по проектированию, строительству и реконструкции промышленных нефтегазопроводов». В этих документах предусматривается использование грунта в мерзлом состоянии. При расчетах трубопроводов на прочность и устойчивость как временное длительное воздействие учитывается температурное воздействие, в качестве кратковременного — морозное растрескивание грунта.

В то же время в нормативных документах нет указаний по способам совместного расчета массива грунта и трубопровода. Непосредственное моделирование процессов воздействия криогенных трещин на конструкции не рассматривается и в приводимых публикациях. По этой причине целью работы является получение количественных оценок влияния криогенных трещин на усилия в конструкциях. В качестве примера в работе рассматривается расчетная модель трубы, помещенной в грунт. Определяются условия ее возможного разрушения при развитии морозобойных трещин.

*Методология и методика исследования.* При решении поставленной задачи формируется пространственная модель грунта из объемных конечных элементов, в которой размещается конструкция в виде трубы. В качестве условия образования морозобойных трещин рассматривается условие, предложенное С. Е. Гречищевым [6]

$$\frac{(1-\nu)\sigma_{\infty}(t_m)}{E_i \cdot \alpha_{\infty}(t_c) \cdot t_c} \leq 1, \quad (1)$$

$$E_i = E_{\infty}(t_c) \left[ 1 + \frac{t_{yi} \sqrt{x^2 + \omega_i^2 \cdot \tau_p^2}}{t_c \sqrt{(1 + \omega_i^2 \cdot \tau_0^2)(1 + \omega_i^2 \cdot \tau_p^2)}} \right], \quad (2)$$

где  $\sigma_{\infty}(t_m)$  – длительная прочность на растяжение, МПа;

$\nu$  – коэффициент Пуассона;

$\alpha_{\infty}(t_c)$  – коэффициент линейного расширения,  $K^{-1}$ ;

$\omega_i$  – частота колебаний,  $1/c$ ;

$t_c, t_m$  – среднее и минимальное значения температуры грунта, К;

$E_{\infty}(t_c)$  – модуль длительной деформации, МПа;

$t_{yi}$  – амплитуда колебания температуры  $i$ -й гармоники на глубине  $y$ , К;

$\tau_p$  – время релаксации, с;

$\tau_0$  – время температурного последействия, с.

$$x = E_{\infty}(t_c)/E_o(t_c), \quad (3)$$

где  $E_o(t_c)$  – модуль мгновенной деформации, МПа.

Параметры трещин вычисляются по методике, предложенной Б. Н. Доставаловым [9]. При этом растягивающие напряжения в грунте, обусловленные перепадом температуры, определяются из выражения

$$\tau_x = \frac{1}{2} \alpha G l \frac{\Delta t}{\Delta Z}, \quad (4)$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения,  $K^{-1}$ ;

$G$  – модуль сдвига, МПа;

$l$  – расстояние между трещинами, м;

$\Delta t/\Delta Z$  – градиент температуры,  $K/m$ ;

$$G = E/[2(1 + \mu)],$$

$$\Delta t/\Delta Z = (t_p - t_{\min})/\Delta Z, \quad (5)$$

где  $E$  – модуль деформации, МПа;

$\mu$  – коэффициент Пуассона;

$t_{cp}$  – среднегодовая температура грунта, К;

$t_{\min}$  – минимальная температура грунта в рассматриваемый период времени, К;

$\Delta Z$  – глубина трещины, м;

$\Delta t$  – перепад температуры, К.

Расстояние между трещинами  $l$ , ширина трещины  $c$  и глубина трещины  $\Delta z$  вычисляются по формулам

$$x = \frac{2\tau_p}{\alpha G \left( \frac{\Delta t}{\Delta Z} \right)}; \quad c = x \alpha \Delta t; \quad \Delta z = \frac{Ec}{4(1 + \mu)\tau_p} = \frac{Gc}{2\tau_p}. \quad (6)$$

Здесь  $\tau_p$  – величина напряжения в момент образования трещины.

На основе исследования характера и параметров криогенного растрескивания возникает возможность изучения взаимодействия трещин с конструкциями, контактирующими с массивом грунта. При моделировании взаимодействия конструкций с промерзающим массивом грунта использован программный комплекс Лира. В работе рассматривается пример взаимодействия массива грунта, подвергаемого растрескиванию, со стальной трубой, размещенной на глубине 0,8 м. При формировании расчетной модели выделяется фрагмент грунтового массива с разбиением на объемные конечные элементы. Перемещения фраг-

мента массива на контуре ограничиваются связями. Установка специальных связей обеспечивает и реализацию допущения о смерзании трубы с грунтом по всей ее длине. Учитывается перепад температуры  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что соответствует реальному перепаду температуры между температурой среды при укладке трубы в теплый период года и температурой грунта при его промерзании в зимний период. Поля температуры в грунтовом массиве получены по разработанной автором методике решением нестационарной задачи теплопереноса.

Рассмотрены варианты задачи с одной, двумя и тремя трещинами при расстояниях между трещинами 4 и 8 м. Глубина трещин составляет 1,5 м, ширина раскрытия трещин – 6 см. Физические характеристики грунта: модуль деформации  $E = 300\text{ Мпа}$ , коэффициент Пуассона – 0,4, плотность грунта –  $1,8\text{ тс/м}^3$ , коэффициенты линейного расширения грунта  $\alpha_{гр} = 0,00008\text{ гр}^{-1}$ . Коэффициент линейного расширения стали –  $\alpha_{ст} = 0,000012\text{ гр}^{-1}$ . Другие используемые характеристики материала трубы соответствуют стандартам.

*Результаты исследования и область их применения.* В результате вычислений получены графики распределения внутренних усилий и деформаций в массиве грунта и в размещенной в нем трубе.

На рис. 1 приводятся эпюры продольных сил в трубе диаметром 245 мм с толщиной стенки 20 мм при различных расстояниях между трещинами. Как видно из графиков, в области трещины отмечается существенное увеличение продольных сил. Максимальные значения сил достигают при этом 5040 кН при образовании одной трещины и 4470 кН при наличии двух трещин при расстоянии 8 м между ними. С увеличением числа трещин в модели до трех и с уменьшением расстояния между ними до 4 м величина наибольшей продольной силы составляет в районе крайних трещин 3850 кН, у средней трещины – 3760 кН. При этом максимальные напряжения в трубе при наличии одной, двух и трех трещин равны соответственно 356500, 316200 и 272300 кН/м<sup>2</sup>, т. е. находятся внутри диапазона временных сопротивлений основных применяемых марок сталей (353...657 МПа).

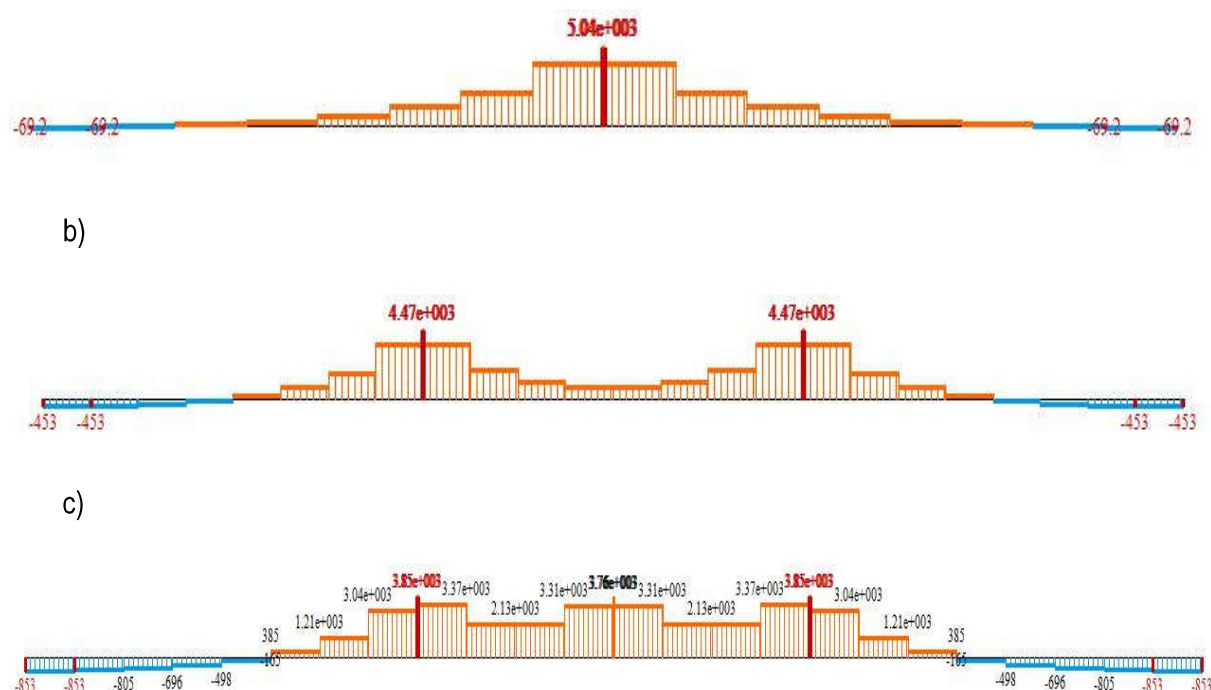


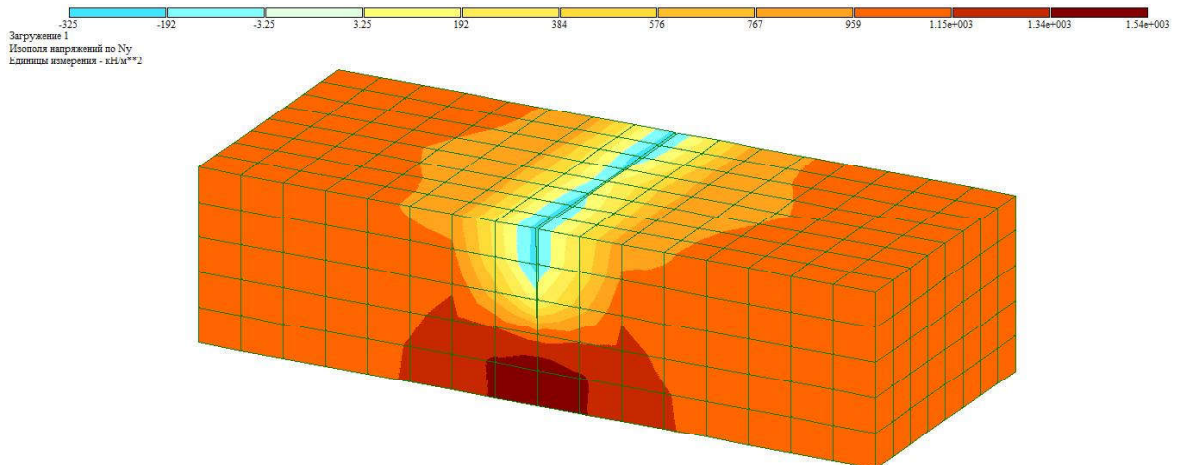
Рис. 1. Эпюры продольных сил в трубе (кН) при возникновении в массиве грунта одной (а), двух (б) и трех (в) трещин / Fig. 1. Diagrams of longitudinal forces in a pipe (kN), when one (a), two (b), and three (c) cracks appear in the soil massif

С уменьшением толщины стенки трубы до 10 мм максимальное значение продольной силы уменьшается при разном количестве трещин на 20... 27 %. За счет уменьшения сечения конструкции максимальные напряжения возрастают на 50...60 %, оставаясь в рамках диапазона временных сопротивлений применяемых марок сталей. При использовании трубы значительно меньшего диаметра (25 x 2,5 мм) продольные силы уменьшаются примерно в 3 раза. В то же время в результате уменьшения площади сечения конструкции напряжения в ней превышают временное сопротивление стали.

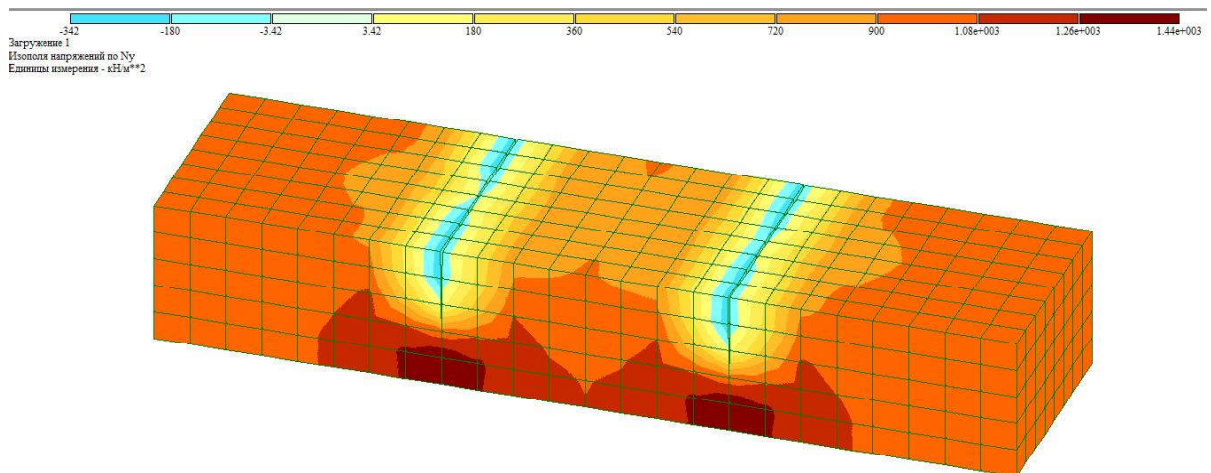
На рис. 2 приводится характер распределения напряжений в массиве грун-

та с трещинами. Наибольшие напряжения в массиве грунта с увеличением числа трещин изменяются незначительно и составляют при использовании трубы 245 x 20 мм при одной, двух и трех трещинах, соответственно 1540, 1440 и 1410 кН/м<sup>2</sup>. Величины максимальных напряжений в отдельных зонах превышают параметры прочности мерзлого грунта (300...500 кН/м<sup>2</sup>), что может приводить к расширению трещин. Отмечается существенное уменьшение напряжений в зоне трещин и концентрация их в ослабленной зоне. С увеличением числа трещин напряжения в массиве в целом также снижаются.

а)



б)





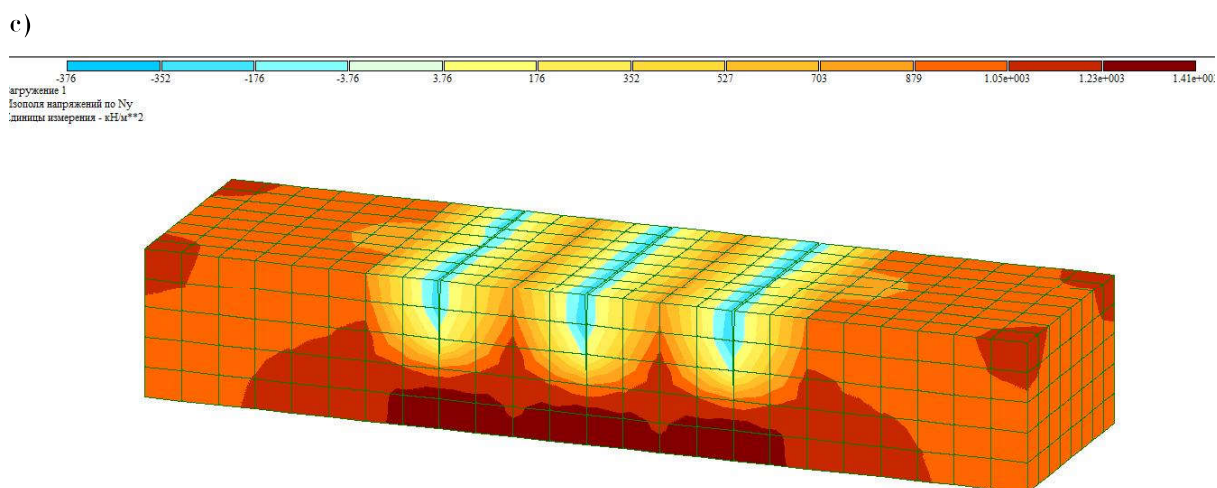


Рис. 2. Изополю продольных усилий вдоль длинной стороны модели массива грунта ( $\text{kH}/\text{m}^2$ ) при возникновении одной (а), двух (b) и трех (с) трещин / Fig. 2. Isopoles of longitudinal forces along the long side of the soil mass model ( $\text{kH}/\text{m}^2$ ) when one (a), two (b), and three (c) cracks occur

При использовании трубы с более тонкой стенкой и меньшего диаметра максимальные напряжения в массиве грунта изменяются незначительно, хотя и отмечается их перераспределение вблизи трубы. Напряжения в грунте в зоне трещины непосредственно у трубы не превышают  $340 \text{ kH}/\text{m}^2$ , что не должно приводить к дополнительному его разрушению при заданном температурном диапазоне. Уточнение рассматриваемой модели за счет отслеживания динамики процесса во времени и увеличения размеров грунтового массива может несколько уточнить получаемые результаты, не нарушая их качественной картины в целом.

#### Выводы.

1. Криогенное растрескивание грунта распространено в отдельных регионах России и мира и способно оказывать опасные воздействия на конструкции.

2. В результате численного моделирования морозобойных трещин установлено, что величины возникающих при этом дополнительных усилий в размещенных в грунте конструкциях могут превышать допустимые по условию прочности пределы. В сочетании с результатами действия постоянной, временной и кратковременной нагрузок криогенное растрескивание может создавать угрозу разрушения конструкций.

3. Характер совместной работы мерзлого массива грунта и конструкции, а также величина возникающих при этом усилий в конструкциях существенно зависят от параметров жесткости конструкции.

4. С уменьшением расстояния между морозобойными трещинами, которое зависит от свойств грунта и условий его промерзания, усилия в конструкциях заметно уменьшаются. В рассмотренных примерах уменьшение усилий достигает 30 %.

#### Список литературы

1. Бургонутдинов А. М., Косолапов О. А. Изменение теплофизических свойств автомобильных дорог в местах перехода выемки в насыпь [Электронный ресурс] // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 11. С. 489–494. Режим доступа: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41003> (дата обращения: 09.03.2018).
2. Бургонутдинов А. М., Юшков Б. С., Бурмистрова О. Н. Методика образования морозобойных трещин на автомобильных дорогах и способы борьбы с этим явлением // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 8. Ч. 2. С. 285–289.

3. Бурмистрова О. Н., Бургутдинов А. М., Пильник Ю. Н. Механизм образования морозобойных трещин на автомобильных дорогах, эксплуатируемых в умеренно-континентальном климате // Лесотехнический журнал. 2016. № 4. С. 133–138.

4. Володченко О. Ю. Проектирование и строительство магистральных трубопроводов в сложных природно-климатических условиях // Магистральные и промысловые трубопроводы: проектирование, строительство, эксплуатация, ремонт. М.: РГУ им. И.М. Губкина, 2004. № 4. С. 71–72.

5. Втюрина Е. А. Геокриологические явления и создаваемые ими формы рельефа в Юго-восточном Забайкалье // Очерки региональной и исторической криологии: труды института мерзлотоведения им. Обручева, 1962. Т. 18. С. 10–18.

6. Гречищев С. Е., Чистотин Л. В., Шур Ю. Л. Криогенные физико-геологические процессы и их прогноз. М.: Недра, 1980. 383 с.

7. Лалин В. В., Яваров А. В. Современные технологии расчета магистральных трубопроводов // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 3. С. 43–47.

8. Методы теплового расчета трубопроводов различного назначения / Б. В. Моисеев [и др.]; под ред. Б. В. Моисеева. Тюмень: ТИУ, 2016. 183 с.

9. Общее мерзлотоведение (геокриология) / под ред. В. А. Кудрявцева. М.: Изд-во МГУ, 1978. 464 с.

10. Селезнев В. Е., Алешин В. В., Прялов С. Н. Основы численного моделирования магистральных трубопроводов / под ред. В. Е. Селезнева. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: МАКС Пресс, 2009. 436 с.

11. Соколов С. М. Многолетнемерзлые грунты в качестве основания промысловых трубопроводов // Нефтяное хозяйство. 2008. № 10. С. 126–127.

12. Худякова А. А., Губайдуллин М. Г., Конохов А. В. Модель деятельного слоя многолетнемерзлых пород с морозобойными трещинами и усовершенствование методики расчёта напряженно-деформированного состояния грунтовых оснований // Вестник МГТУ. 2010. Т. 13, № 4/1. С. 810–815.

13. Burn C. R., O'Neill H. B. Subdivision of ice-wedge polygons, western Arctic coast // 7<sup>th</sup> Canadian Permafrost Conference. Quebec City, QC. 20–23 September. 2015. Carleton University Ottawa, Canada. P. 97–102.

14. Khimenkov A. N., Sergeev D. O., Vlasov A. N., Kozireva E. A., Rybchenko A. A., Svetlakov A. A. Modern and paleo-cryogenic formations on Olkhon island [Электронный ресурс] // Kriosfera Zemli. 2015. Vol. 19. No. 4. P. 48–57. Режим доступа: <http://www.izdatgeo.ru> (дата обращения: 12.02.2018).

15. Nobahar A. Effect of soil spatial variability on soil-structure interaction. St. John, 2003. 305 p.

16. Ping C. L., Michaelson G. J., Kimble J. M., Romanovsky V. E., Shur Y. L., Swanson D. K., Walker D. A. Cryogenesis and soil formation along a bioclimate gradient in Arctic North America [Электронный ресурс] // Journal of Geophysical Research. 2008. Vol. 113. Режим доступа: <https://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008JG000744/pdf/> (дата обращения: 10.03.2018).

---

## References

1. Burgunutdinov A. M., Kosolapov O. A. *Fundamentalnye issledovaniya* (Fundamental researches). 2016. № 11. Vol. 3. P. 489-494. Available at: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41003> (Date of access: 09.03.2018).

2. Burgunutdinov A. M., Yushkov B. S., Burmistrova O. N. *Fundamentalnye issledovaniya* (Fundamental researches). 2014. № 8. Part. 2. P. 285–289.

3. Burmistrova O. N., Burgunutdinov A. M., Pilnik Yu. N. *Lesotekhnicheskii zhurnal* (Forestry journal). 2016. № 4. P. 133–138.

4. Volodchenkova O. Yu. *Magistralnye i promyslovye truboprovody: proektirovanie, stroitelstvo, ekspluatatsiya, remont* (Trunk and field pipelines: design, construction, operation, repair). Moscow: RSU named after I. M. Gubkin, 2004. № 4. P. 71–72.

5. Vtyurina E. A. *Ocherki regionalnoy i istoricheskoy kriologii: Trudy in-ta merzlotovedeniya im. Obrucheva* (Essays on Regional and Historical Cryology: Proceedings of the Institute for Permafrost Studies named after Obruchev), 1962, vol. 18, pp. 10–18.

6. Grechishchev S. Ye., Chistotin L. V., Shur Yu. L. *Sovremennye tehnologii rascheta magistralnyh truboprovodov* (Cryogenic physical-geological processes and their prognosis). Moscow: Nedra, 1980. 383 p.

7. Lalin V. V., Yavarov A. V. *Inzhenerno-stroitelny zhurnal* (Engineering and construction journal), 2010, no. 3, pp. 43–47.

8. *Metody teplovogo rascheta truboprovodov razlichnogo naznacheniy: monografiya* / B. V. Moiseev [i dr.]; pod red. B. V. Moiseeva (Methods of thermal calculation of pipelines for various purposes: monograph / B. V. Moiseev [and others]. Ed. B. V. Moiseeva). Tyumen: TIU, 2016. 183 p.

9. *Obshhee merzlotovedenie (geokriologiya)* / pod red. V. A. Kudryavtseva (General permafrost studies (geocryology)). Moscow: MSU Publishing House, 1978. 464 p.

10. Seleznev V. E., Aleshin V. V., Prjalov S. N. *Osnovy chislennogo modelirovaniya magistralnyh truboprovodov* (Fundamentals of numerical simulation of trunk pipelines) / Pod red. V. E. Selezneva. Ed. 2 nd, revised and additional. Moscow: MAX Press, 2009. 436 p.
11. Sokolov S. M. *Neflyynoe hozyaystvo* (Oil industry), 2008, no 10, pp. 126–127.
12. Hudyakova A. A., Gubaydullin M. G., Konyukhov A. V. *Vestnik MGTU* (Bulletin of MSTU), 2010, vol. 13, № 4/1, pp. 810–815.
13. Burn C. R., O'Neill H. B. *Canadian Permafrost Conference. Quebec City, QC. 20-23 September* [Canadian Permafrost Conference. Quebec City, QC. 20–23 September]. Ottawa: Carleton University, Canada, 2015. P. 97–102.
14. Khimenkov A. N., Sergeev D. O., Vlasov A. N., Kozireva E. A., Rybchenko A. A., Svetlakov A. A. Modern and paleo-cryogenic formations on Olkhon island // *Kriosfera Zemli*, 2015, vol. 19, no. 4, pp. 48–57. Available at: <http://www.izdatgeo.ru> (Date of access: 12.02.2018).
15. Nobahar A. *Effect of soil spatial variability on soil-structure interaction* [Effect of soil spatial variability on soil-structure interaction]. St. John, 2003. 305 p.
16. Ping C. L., Michaelson G. J., Kimble J. M., Romanovsky V. E., Shur Y. L., Swanson D. K., Walker D. A. *Journal of Geophysical Research* [Journal of Geophysical Research], 2008, vol. 113. Available at: <https://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008JG000744/pdf/> (Date of access: 10.03.2018).

**Коротко об авторе**

**Briefly about the author**

**Стетюха Владимир Алексеевич**, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры сопротивления материалов и механики, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение, проблемы горной теплофизики и геомеханики в Восточной Сибири [stetjukha\\_chita@mail.ru](mailto:stetjukha_chita@mail.ru)

**Vladimir Stetyukha**, doctor of technical sciences, associate professor, professor, Strength of Materials and Mechanics department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: engineering geology, geocryology and ground science, problems of mining thermophysics and geomechanics under conditions of Eastern Siberia

**Образец цитирования**

*Стетюха В. А. Оценка воздействия морозобойных трещин на конструкции в грунтовом массиве // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2018. Т. 24. № 5. С. 36–43. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-5-36-43.*

*Stetjukha V. Evaluation of the impact of frozen cracks on structures in the ground massif // Transbaikal State University Journal, 2018, vol. 24, no. 5, pp. 36–43. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-5-36-43.*

Статья поступила в редакцию: 12.04.2018 г.  
Статья принята к публикации: 28.04.2018 г.

