

Научноёмкие технологии в машиностроении. 2023. №1 (139). С. 43-48.  
Science intensive technologies in mechanical engineering. 2023. №1 (139). P. 43-48.

Научная статья  
УДК 625.08  
doi:10.30987/2223-4608-2023-1-43-48

## Износ инструмента дорожной фрезы и модели эффективности резания

Гаджи Хирасухмаевич Рамазанов, аспирант  
Брянский государственный технический университет, г. Брянск, Россия  
tts-dm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

*Аннотация.* В статье рассмотрены основные подходы к математическому моделированию процесса изнашивания резов дорожной фрезы в условиях эксплуатации. Проведен анализ влияния механических свойств асфальтобетона на процесс резания, а так же рассмотрены системы мониторинга за состоянием дорожных покрытий и состояния режущего инструмента.

**Ключевые слова:** резы дорожной фрезы, износ, дорожно-строительная техника

*Для цитирования:* Рамазанов Г.Х. Износ инструмента дорожной фрезы и модели эффективности резания // Научноёмкие технологии в машиностроении. – 2023. – №1 (139). – С. 43-48. doi: 10.30987/2223-4608-2023-1-43-48.

Original article

## Tool degradation of the road harrow and cutting efficiency models

Gadji H. Ramazanov, graduate student  
Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia  
tts-dm@yandex.ru

*Abstract.* Main strategies for mathematical modeling of road harrow static tool wear in operating conditions are viewed in the article. An analysis of the effect of asphalt concrete mechanical properties on the cutting process is carried out, monitoring systems for the condition of road surfaces and the state of the cutting tool are distinguished.

**Keywords:** harrow static tooling, wear, road construction equipment

*For citation:* Ramazanov G.H. Tool degradation of the road harrow and cutting efficiency models. / Science intensive technologies in mechanical engineering, 2023, no. 1 (139), pp. 43-48. doi: 10.30987/2223-4608-2023-1-43-48.

### Введение

Со временем дорожные покрытия изнашиваются, на них появляются неровности, ямы, а так же снижается уровень их грузоподъемности [1]. Дорожное полотно должно отвечать определенным требованиям, поэтому должен быть точно выдержан профиль базовой поверхности. Для этого дорожные фрезы подвергаются точным процессам фрезерования [2].

Дорожные фрезы дорожно-строительной техники в условиях эксплуатации и абразивно-

го изнашивания подвергаются интенсивному износу в зоне режущей части инструмента. Работа резов происходит при высоких скоростях. Учитывая все вышеперечисленные факторы, можно сказать, что срок службы резов довольно мал и вызывает необходимость постоянной замены. Поломка является результатом накопления повреждений с течением времени и имеет потери на время и капитальные последствия. Отказ фрезы составляет 7...20% от общего времени простоя [3, 4], а затраты на инструменты и их замену составляют 3...12%

от общей стоимости ремонтных работ [5].

Процесс фрезирования асфальта представляет собой внедрение инструмента в монолитный слой, где резец образует рыхлую массу из асфальтбетона. Строительные материалы (в частности гранит) обладают высокой твердостью (12...16 ГПа) и прочностью (10...30 МПа) вызывают интенсивное разрушение корпуса резца под действием сложного механизма изнашивания частицами закрепленного и незакрепленного абразива с наличием локальных ударных нагрузок и пластического оттеснения микрообъемов металла. Исследованием рабочих режимов и динамикой дорожно-строительных машин занимались многие исследователи: В. И. Балловнев, Ю. А. Ветров, А.М. Завьялов, А. Н. Зеленин, О. Д. Алимов, И. Г. Басов, Г. Бернацкий [6 – 8]. Исследования процессов резания асфальтобетонных покрытий приведены в трудах Ю.Г. Глебова, В.Н. Бибикина, В.Ф. Кулепова, А.Я. Александрова.

Эффективность разрушения породы резцом принято обозначать  $SE$  – один из важных параметров, характеризующих эффективность дробления горных пород. Она определяется как

$$\Delta_{p.и.} = 0,23 + (12,6a' + 0,44\sigma_{сж} - 234) \cdot 10^{-4} \cdot (12,76 + \tau), \quad (3)$$

где  $a'$  – показатель абразивности асфальтобетона ( $28,73 - 0,21t$  °C), мг;  $\sigma_{сж}$  – прочность асфальтобетона при одноосном сжатии, МПа;  $\tau$  – время резания, с.

В работе [11] приведен пример расчета предельного состояния резца.

$$T = T_1 + T_2 = \frac{C_s \pi r_0^3}{k_f} \left[ \frac{2 \operatorname{ctg} \alpha}{3} + \frac{l_0}{r_0} \right], \quad (4)$$

где  $T$  – параметр износа;  $C_s$  – коэффициент, равный отношению площади на которой действуют абразивные частицы, к общей площади поверхности износа;  $l_0$  – длина изношенной части,  $r_0$  – радиус вставки;  $k_f = KF$  – коэффициент абразивности;  $\alpha$  – угол, с помощью которого задается геометрическая схема резания.

Игнатов С. Д., Шерстнев Н. С. [12] получили математическую модель на основе взаимодействия резцов дорожной фрезы между собой, которая позволяет проводить расчет силы сопротивления с учетом рабочего процесса. Авторы в расчетах принимали следующие допу-

потребляемая мощность дробления породы на единицу площади:

$$SE = \frac{W}{V} = \frac{\int F(h) dh}{V}, \quad (1)$$

где  $F$  – толкающая сила;  $h$  – высота проникновения;  $V$  – объем разбитого камня.

В работе [9] проведены исследования на определение условий изнашивания, оказывающих наибольшее влияние на износ резца. Авторами были получены математические зависимости, позволяющие прогнозировать износ резцов дорожных фрез. При внешних условиях:  $T = 19...29$  °C,  $\sigma_{сж} = 2,601...3,582$  МПа и глубине резания 100 мм математическая модель имеет вид:

$$\Delta m = 0,000634L_{рез} + 2,847, \quad (2)$$

где  $L_{рез}$  – длина пути резания асфальтобетона;  $\Delta m$  – массовый износ резцов.

При уменьшении температуры окружающей среды, а следовательно, и асфальтобетона, увеличивается скорость износа резцов дорожной фрезы. Математическая модель зависимости износа и механических свойств асфальта была рассмотрена в работе [10] и имеет вид:

изменения вертикальных координат звеньев расчетной схемы; машина представлена в виде жестко установленного многозвенника; рабочий орган зафиксирован относительно рамы гидроцилиндрами; колеса имеют с поверхностью точечный контакт.

$$F_{Pi} = m_{\phi} \cdot \sum_1^m \left( \frac{q \cdot d_{зуба} \cdot Z_{po} \cdot V_n \cdot \frac{\alpha_i}{2\pi} \cdot \sin \alpha_i}{V_{рез}} \cdot \cos \beta \right), \quad (5)$$

где  $V_{рез}$  – скорость резания фрезерного барабана, м/с;  $q$  – удельное сопротивление резанию, Н/м<sup>2</sup>;  $d$  – диаметр основания зуба, м;  $Z_{po}$  – вертикальная координата зуба, где  $\alpha_i$  – угловая координата  $i$ -го зуба, рад;  $\beta$  – угол атаки зуба, рад.

Попов С.Н. и Антонюк Д.А. в исследовании [13] оптимизировали работу резца. Так же ими было установлено, что минимальное давление ( $P_{min}$ ) достигается при использовании конусообразной формы резца дорожной фрезы. Было установлено, что резец сильно подверга-

ется износу в области сужения. Полученные математические модели показывают, что интенсивность износа и давление в зоне контакта зависит от геометрических размеров резца:

$$U_1 = \gamma_1 t = K_1 \frac{P_n}{R-r} t \quad (6)$$

$$U_2 = \gamma_2 t = K_2 \frac{P_n}{R-r} t, \quad (7)$$

где  $\gamma_1, \gamma_2$  – скорости изнашивания резца и абразивной смеси, мм/мин соответственно;  $K_1, K_2$  – коэффициенты трения;  $P$  – усилие прижатия;  $H$ ;  $\alpha$  – угол между боковой поверхностью и горизонталью резца;  $r$  – радиус на-конечника;  $R$  – максимальный радиус корпуса резца;  $n$  – частота вращения резца в резцедержателе.

На данный момент существуют системы мониторинга состояния инструмента для улучшения качества поверхности заготовки и продления срока службы инструмента, которая сокращает затраты на 30% за счет диагностики недостатков режущего инструмента с использованием соответствующих методов обработки сигналов и распознавания образов [14, 15]. Методы прямого мониторинга используют оптическое оборудование для непосредственного

контроля состояния инструмента, они не влияют на процесс обработки и обеспечивают высокую точность распознавания в идеальных условиях. Методы косвенного мониторинга оценивают состояние инструмента на основе анализа сигналов, полученных от одного или нескольких датчиков, которые могут отражать множество характеристик.

В ходе эксперимента другие исследователи в работе [16] провели экспериментальные наблюдения за резцом дорожной фрезы с различным углом заточки и обнаружили, что чем острее лезвие, тем выше боковая нагрузка. Из-за недостаточной жесткости фрезы легко вызвать раскачивание фрезы, и она не может обеспечить достаточного бокового сопротивления.

Большое количество экспериментов было приведено в работах [17,18], где отражена зависимость между силой резания, удельной энергией, расстоянием между фрезами и глубиной резания, а также проанализировано влияние разрушения фрезы на породу. На основе собранной базы данных была разработана эмпирическая модель прогнозирования производительности строительных машин:

$$FPI_{blocky} = e^{(a+b \cdot \ln J_v + c \cdot \ln UCS)} = e^a \cdot J_v^b \cdot UCS^c, \quad (8)$$

где  $J_v$  – объемное количество швов (швов/м<sup>3</sup>); UCS - прочность на одноосное сжатие (МПа);  $a, b$  и  $c$  – константы, равные 6,00, 0,82 и 0,17 соответственно. Данная модель связывает объемное количество швов и прочность на одноосное сжатие неповрежденной породы с отношением между приложенной силой тяги, нормированной по диаметру строительной машины, и измеренной проходкой за оборот.

В работе [19] представлена модель процесса фрагментации породы на основе механизма разрушения породы методом конечных элементов, который показывает, что основным разрушением твердой хрупкой породы является разрушение при сдвиге, а разрушение при сдвиге мягкой породы происходит под относительно небольшим углом. Авторы работы [20] использовали 3D анализ для имитации резания линии разлома. Они так же обнаружили, что численное моделирование методом конечных элементов с помощью 3D моделирования может про-

водить оценку производительности дорожного элемента. Конструкция фрезы была оптимизирована и улучшена, в результате чего была создана модель прогнозирования усилия дискового фрезера [21, 22]. Данный процесс моделировался с помощью компьютера с учетом факторов эксплуатации и расстояния между дисковыми фрезами. Авторы установили, что нормальная тяга дискового резца играет ведущую роль в разрушении породы. Показано, что оптимальное расстояние между резцами составляет около 80 мм, эффект разрушения породы при последовательной загрузке лучше, чем при одинаковой загрузке. Экспериментальные результаты показывают, что при расстоянии между фрезами 80...90 мм удельная энергия минимальна, а эффективность разрушения породы наилучшая.

Р. Чжоу, Дж. Сан в своей работе [23] смоделировали процесс резания образцом дискового резца и проанализировали факторы,

влияющие на процесс разрушения породы дисковым резцом. В работе была установлена взаимосвязь между переменными разрушения  $\omega$ , напряжением  $\sigma$ , деформацией  $\varepsilon$  с помощью эксперимента с использованием гипотезы эквивалентности, включающая в себя три категории. Гипотеза эквивалентности деформации, в которой используется эффективное напряжение, определяющее соотношение, имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{\sigma}{(1 - \omega)E} \quad (9)$$

Вторая категория: гипотеза эквивалентности напряжения. Для хрупких материалов под действием реальной деформации напряжения в разрушенном состоянии эквивалентно фиктивному непрерывному напряжению под действием эффективной деформации. Взаимосвязь между напряжением и деформацией в непрерывном состоянии имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{\tilde{E}}{E} \varepsilon \quad (10)$$

Третья категория: гипотеза упругого эквивалента. Если плотность энергии упругой деформации равна плотности энергии непрерывной упругой деформации. Для разрушенных упруго-хрупких материалов плотность энергии упругого напряжения может быть равна плотности энергии неразрушенного состояния. Итоговое выражение имеет вид:

$$\tilde{\sigma} = E \tilde{\varepsilon} \quad (11)$$

Р.Чжоу, Дж. Сан делают вывод, что существует оптимальное значение расстояния между фрезами и находится в интервале совпадения между максимальным количеством разрушения породы и наименьшей удельной энергией. Когда расстояние между фрезами равно оптимальному значению, разрушение породы в единицу времени является наибольшим, а эффективность разрушения породы – самой высокой.

### Заключение

Проведенный анализ отечественных и зарубежных источников позволил дать комплексную оценку влияния различных факторов на процесс изнашивания резца дорожной

фрезы, а также были рассмотрены основные параметры взаимодействия в процессе резания асфальтобетона. Приведенные математические зависимости позволяют прогнозировать износостойкость резцов при различных режимах эксплуатации. В расчетах использовались такие данные, как: форма резца, заданная углом заточки; глубина резания асфальтобетона; параметр абразивности материала; значение параметра износа; радиус дорожной фрезы; силы, действующие в машине в процессе резания.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Костельов, М.П. Долговременная ровность дорожных покрытий. // Дорожная Техника. – 2005. № 7.
2. Шестопалов, К.В. Дорожные фрезы // Основные Средства. – 1999. – №10
3. Vetrichelvan G, Sundaram S, Kumaran S, Velmurugan P // An investigation of tool wear using acoustic emission and genetic algorithm. J Vib Control. -21. - pp. 3061 - 3066.
4. Bhattacharyya P, Sengupta D, Mukhopadhyay S (2007) Cutting force-based real-time estimation of tool wear in face milling using a combination of signal processing techniques. Mech Syst Signal Process. -Vol.21. №6. - pp. 2665 – 2683
5. Liu C, Wang G, Li Z (2015) Incremental learning for online tool condition monitoring using ellipsoid ARTMAP network model. App Soft Comput. - 35. pp.-186 – 198
6. Канарев, Ф. М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия / Ф. М. Канарев. – М.: Машиностроение, 1983. – 142 с.
7. Теория конструкция и расчет строительных и дорожных машин: учеб. пособие / Л. А. Гоберман, К.В. Степанян, А. А. Яркин, В. С. Заленский. – М.: Машиностроение, 1979. – 407 с.
8. Далин, А. Д. Роторные грунтообрабатывающие и землеройные машины / А.Д. Далин, И.П. Павлов. – М.: Машгиз, 1950. – 147 с.
9. Попов С.Н. Антонюк Д.А. Исследование влияния внешних условий изнашивания на износостойкость резцов дорожной фрезы // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. 2008. - № 1, pp. 25 – 29.
10. Бибииков В.Н. Исследование износа режущего инструмента при фрезеровании асфальтового бетона: Дис. канд. техн. наук: 05.05.04 / Горьковский политехнический институт им. А.А. Жданова. – Горький, 1975. – 24 с.
11. Осипов С.П., Школьный А.Н., Бида К. Б. Оценка долговечности вращающихся резцов с из-

носостойкими вставками произвольной формы // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – №5. – С.167 – 174.

12. **Игнатов, С. Д., Шерстнев, Н. С.** Математическая модель рабочего процесса дорожной фрезы при разрушении асфальтобетона // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2015. – № 4 (44). – Р. 120 – 125.

13. **С. Н. Попов, Д. А. Антонюк.** Влияние трибоматериаловедческих параметров на характер разрушения резцов дорожной фрезы в условиях изнашивания закрепленным абразивом // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2006. №2. – С. 77 – 84.

14. **Karandikar J, Mcleay T, Turner S, Schmitz T.** Tool wear monitoring using naïve bayes classifiers. // Int J Adv Manuf Technol. -2015. №77(9–12). - pp.1613 – 1626.

15. **Rehorn A, Jiang J, Orban P.** State-of-the-art methods and results in tool condition monitoring: a review. // Int J Adv Manuf Technol. 2005. - №26 (7 – 8). - pp. 693 – 710.

16. **Yin, L. J., Gong, Q. M., and Zhao, J.** «Study on rock mass boreability by TBM penetration test under different in situ stress conditions». // Tunneling and Underground Space Technology. -2014. -Vol. 43. -pp. 413-426.

17. **Delisio, A. and Zhao, J.** «A new model for TBM performance prediction in blocky rock conditions». // Tunneling and Underground Space Technology. 2014. - Vol. 43. - pp. 440 – 452.

18. **Delisio, A., Zhao, J., and Einstein, H. H.** «Analysis and prediction of TBM performance in blocky rock conditions at the Lötshberg Base Tunnel». // Tunneling and Underground Space Technology. - 2013. - Vol. 33. pp. 131 – 142.

19. **Liu, Q., Shi, K., Zhu, Y., and Huang, X.** «Study on rock breaking force calculation model of TBM disc cutter» // Journal of China Coal Society. - 2013. - Vol. 38. - No. 7. - pp. 1136 – 1142 (in Chinese)

20. **Cho, J. W., Jeon, S., Yu, S. H., and Chang, S. H.** «Optimum spacing of TBM disc cutters: A numerical simulation using the three-dimensional dynamic fracturing method» // Tunneling & Underground Space Technology. - 2010. - Vol. 25. - No.3. - pp. 230 – 244

21. **Li, G., Zhu, L., and Yang, J.** «Prediction method of TBM disc cutter wear in hard rock based on CSM model» // China Mechanical Engineering. -2014. - Vol. 25. - No. 1. - pp. 33 – 35 (in Chinese).

22. **Li, G., Zhu, L., Yang, J., and Wang, W.** «Calculation mechanics model and solution of TBM

disc cutter based on CSM model» // Mining Machine. - 2012. - Vol. 40. - No. 4. - pp. 8 – 11 (in Chinese).

23. **Sun, J., Chen, M., Chen, B., Lu, W., and Zhou, C.** «Numerical simulation study on influencing factors of rock breaking process of TBM disc cutter» // Chinese Journal of Geotechnical Mechanics. - 2010. - Vol. 32. - No. 6. - pp. 1891 – 1897.

## REFERENCES

1. Kostelov, M.P. Time-proof evenness of road surfaces. Road Equipment, 2005, No.7.

2. Shestopalov K.V. Road harrows / Core Capabilities, 1999, No.10.

3. Vetrichelvan G, Sundaram S, Kumaran S, Velmurugan P / An investigation of tool wear using acoustic emission and genetic algorithm. J Vib Control. - 21, pp. 3061 – 3066.

4. Bhattacharyya P, Sengupta D, Mukhopadhyay S (2007) Cutting force-based real-time estimation of tool wear in face milling using a combination of signal processing techniques. Mech Syst Signal Process, Vol.21, No. 6, pp.2665 – 2683.

5. Liu C, Wang G, Li Z (2015) Incremental learning for online tool condition monitoring using ellipsoid ARTMAP network model. App Soft Comput - 35. pp.186 – 198

6. Kanarev, F. M. Rotary tillage machines and implements, Moskva, Mashinostroenie, 1983, 142 p.

7. Theory of construction and calculation of construction and road vehicles: textbook L. A. Goberman, K.V. Stepanyan, A. A. Yarkin, V. S. Zalensky. Moscow: Mashinostroenie, 1979, 407 p.

8. Dalin, A.D. Rotary soil cultivating and excavating machines/ A.D. Dalin, I.P. Pavlov, Moscow: Mashgiz, 1950, 147 p

9. Popov S.N., Antonyuk A.D., Investigation of external wear conditions effect on the wear resistance of road harrow static tooling. New materials and technologies in metallurgy and mechanical engineering, 2008, No. 1. pp. 25 – 29.

10. Bibikov V.N. Research of cutting tool wear during asphalt concrete milling: Ph.D. Tesis: 05.05.04 / Gorky, Gorky Polytechnic Institute named after A.A. Zhdanov, 1975, 24 p.

11. Osipov S. P., Shkolny A. N., Beda K. B. Durability evaluation of rotary cutters with wear resistant inserts of arbitrary form // Vestnik TSUAB, 2014, No. 5 (46), pp. 167 – 174.

12. Ignatov S. D., Sherstnev N. S. Mathematical model of a road harrow operating process in destruction of asphalt concrete. Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy, 2015, No. 4 (44), pp. 120 – 125.

13. Popov S.N., Antonyuk A.D., Tribo-material parameters effect on the nature of road harrow static tooling destruction under the conditions of wear by fixed abrasive. *New materials and technologies in metallurgy and mechanical engineering*, 2006, No. 2. pp. 77 – 84.
14. Karandikar J, Mcleay T, Turner S, Schmitz T. Tool wear monitoring using naïve bayes classifiers. // *Int J Adv Manuf Technol*. - 2015. - № 77(9–12). - pp.1613 – 1626.
15. Rehorn A, Jiang J, Orban P. State-of-the-art methods and results in tool condition monitoring: a review. // *Int J Adv Manuf Technol*. - 2005. - №26 (7–8). - pp.693 – 710.
16. Yin, L. J., Gong, Q. M., and Zhao, J. «Study on rock mass boreability by TBM penetration test under different in situ stress conditions»// *Tunneling and Underground Space Technology*. - 2014. - Vol. 43. - pp. 413 – 426.
17. Delisio, A. and Zhao, J. «A new model for TBM performance prediction in blocky rock conditions» // *Tunneling and Underground Space Technology*. - 2014. - Vol. 43. - pp. 440 – 452.
18. Delisio, A., Zhao, J., and Einstein, H.H. «Analysis and prediction of TBM performance in blocky rock conditions at the Löttschberg Base Tunnel» // *Tunneling and Underground Space Technology*. -2013. - Vol. 33. - pp. 131 – 142.
19. Liu, Q., Shi, K., Zhu, Y., and Huang, «Study on rock breaking force calculation model of TBM disc cutter» // *Journal of China Coal Society*. - 2013. - Vol. 38. - No. 7. - pp. 1136 – 1142 (in Chinese).
20. Cho, J.W., Jeon, S., Yu, S.H., and Chang, «Optimum spacing of TBM disc cutters: A numerical simulation using the three-dimensional dynamic fracturing method» // *Tunneling & Underground Space Technology*. - 2010. - Vol. 25. - No. 3. - pp. 230 – 244.
21. Li, G., Zhu, L., and Yang, J. «Prediction method of TBM disc cutter wear in hard rock based on CSM model»//*China Mechanical Engineering*. - 2014. - Vol. 25. - No. 1. - pp. 33 – 35 (in Chinese).
22. Li, G., Zhu, L., Yang, J., and Wang, W. «Calculation mechanics model and solution of TBM disc cutter based on CSM model» // *Mining Machine*. - 2012. - Vol. 40. - No. 4. - pp. 8 – 11 (in Chinese).
23. Sun, J., Chen, M., Chen, B., Lu, W., and Zhou, C. «Numerical simulation study on influencing factors of rock breaking process of TBM disc cutter» // *Chinese Journal of Geotechnical Mechanics*. - 2010.- Vol. 32. - No. 6. - pp. 1891 – 1897.

Статья поступила в редакцию 24.11.2022; одобрена после рецензирования 28.11.2022; принята к публикации 13.12.2022.

The article was submitted 24.11.2022; approved after reviewing 28.11.2022; assepted for publication 13.12.2022.

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный технический университет»

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: 8-903-592-87-39, 8-903-868-85-68.

E-mail: naukatm@yandex.ru, editntm@yandex.ru

Вёрстка С.В. Морозов. Редактор Е.В. Лукашова. Технический редактор С.В. Морозов.

Сдано в набор 17.01.2023. Выход в свет 30.01.2023.

Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,58.

Тираж 500 экз. Свободная цена.

Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет» 241035, Брянская область, г. Брянск, ул. Институтская, 16

