

Машины и Установки проектирование, разработка и эксплуатация

Сетевое издание
МОО "Стратегия объединения"
<http://maplants-journal.ru>

Ссылка на статью:

//Машины и установки: проектирование,
разработка и эксплуатация.
Электрон. журн. 2024. № 1. С. 26 – 33.

DOI:

Представлена в редакцию: 24.05.2024

Принята к публикации: 29.05.2024

© МОО «Стратегия объединения»

УДК 625.731.08

Исследование силовых и энергетических показателей фрезерования асфальтобетона

Шамахов Л.М.

leonid.shamakhov@yandex.ru

Ярославский Государственный Технический
Университет (Ярославль, Россия)

Данная работа посвящена исследованию силовых и энергетических показателей, возникающих в процессе фрезерования асфальтобетонных покрытий режущими элементами дорожных фрез. В частности, были изучены два конкретных типа фрезерных барабанов и их взаимодействие с асфальтобетоном в зависимости от различных факторов. Разработана математическая модель процесса фрезерования асфальтобетона, на основе которой была создана программа для определения суммарных сил сопротивления резанию, действующей на фрезерный барабан. Были сделаны выводы о влиянии сил сопротивления резанию на фрезерный барабан, о возможности существования оптимальной схемы расположения режущих элементов на фрезерном барабане, о предполагаемом более высоком уровне производительности и меньшей энергоёмкости комбинированного фрезерного оборудования, а также о необходимости дополнительных исследований в этой области.

Ключевые слова: дорожная фреза, режущий элемент, фрезерный барабан, асфальтобетонное покрытие, сила сопротивления резанию.

Введение

В настоящее время для удаления изношенного асфальтобетонного покрытия применяют дорожные фрезы. Метод холодного фрезерования обеспечивает достаточную точность и качество отфрезерованных поверхностей асфальтобетонных покрытий с автомобильных дорог, взлётно-посадочных полос и тротуаров. Однако открытыми остаются вопросы, связанные с отсутствием доступных методик расчета, совершенствования и оптимизации конструкций фрезерных барабанов дорожных фрез, а также вопросы разработки эффективных алгоритмов управления процессом фрезерования. Кроме того, существующие конструкции фрезерных барабанов дорожных фрез имеют ограничения по производительности, надежности и долговечности, что приводит к увеличению затрат на эксплуатацию и ремонт оборудования. Таким образом, разработка новых методик расчета, совершенствование конструкций фрезерных барабанов является актуальной задачей,

требующей решения для повышения эффективности и качества работ по удалению изношенного асфальтобетонного покрытия.

Сегодня одним из наиболее часто используемых типов фрезерных барабанов являются стандартные (рис. 1.а) или черновые (рис. 1.б) фрезерные барабаны, которые предназначены для полного удаления дорожного покрытия. Согласно заявлениям производителей фрезерных барабанов [1], несмотря на относительно небольшое количество режущих элементов, такие барабаны позволяют увеличить производительность процесса фрезерования, снизить силу сопротивления фрезерованию, однако в результате получается более грубая поверхность. Таким образом, стандартные фрезерные барабаны обеспечивают более высокую эффективность работы, но при этом могут иметь некоторые недостатки, которые необходимо учитывать при их использовании.

Барабаны для тонкого фрезерования (рис. 1.в) и микрофрезерные (рис. 1.г) барабаны имеют шаг расстановки режущих элементов всего в несколько миллиметров, что позволяет достичь более качественной поверхности дорожного покрытия. Использование таких фрезерных барабанов на ремонтируемых участках дороги дает следующие преимущества: нет необходимости полностью демонтировать покрытие, воздействие на транспортный поток минимально, так как автомобили могут сразу продолжать движение по этому участку. Также, такие барабаны используются для придания шероховатости поверхности асфальтобетонных покрытий, устранения неровностей асфальтовых конструкций и изменения поперечного уклона дорожного полотна и т.д.

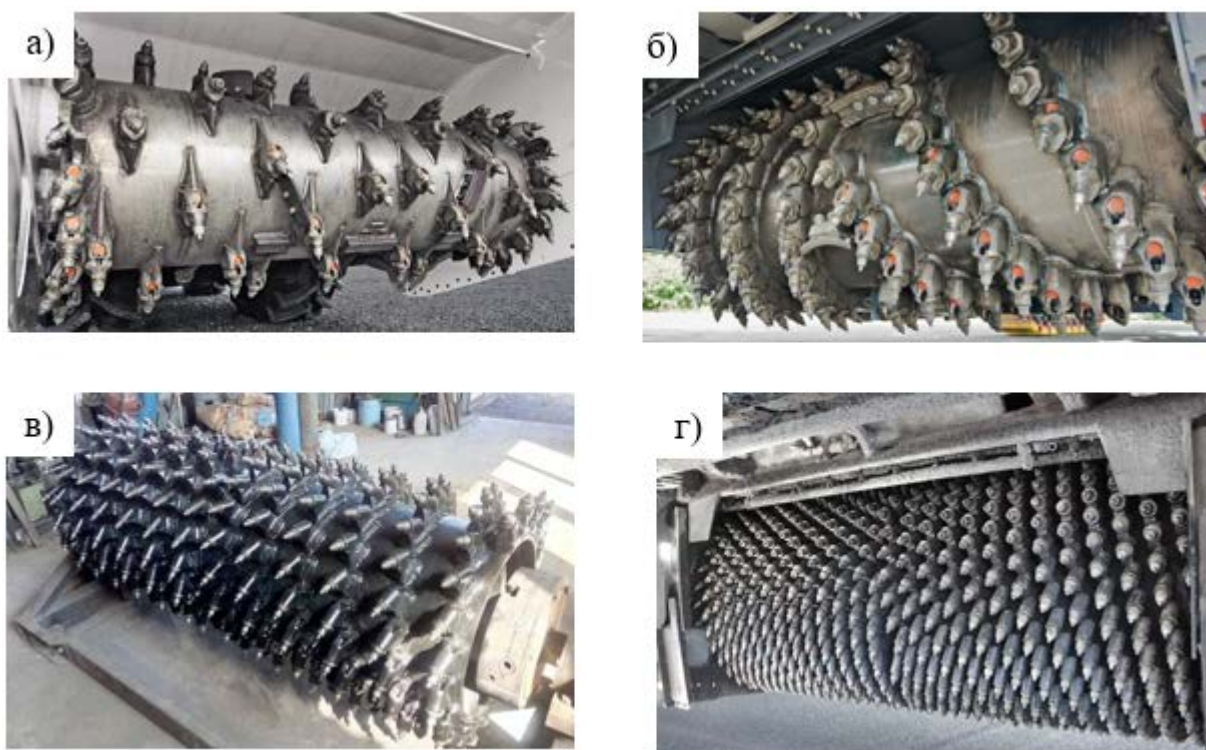


Рис.1 Виды фрезерных барабанов: а – черновой барабан, б – стандартный фрезерный барабан, в – чистовой барабан, г – микрофрезерный барабан

С точки зрения методологии, отдельный интерес представляют работы по резанию прочных строительно-дорожных материалов. Существует ряд исследований [2, 3], в которых экспериментально определены значения усилий, возникающие в процессе резания прочных строительно-дорожных материалов в зависимости от скорости резания. Результаты, полученные авторами, позволяют описать процесс высокоскоростного резания. Однако

необходимы дополнительные исследования, чтобы полностью понять процесс высокоскоростной резки различных типов строительных и дорожных материалов. Это важно, поскольку силы резания могут оказывать значительное влияние на эффективность и качество процесса резки, а также на износ режущих инструментов.

В работе К.В. Фомина [4] представлено моделирование моментов сопротивления на рабочем органе дорожно-фрезерной машины. Автором разработана модель, описывающая формирование момента нагрузки с учетом периодичности контакта резцов с дорожным покрытием, а также случайных условий и режимов работы фрезерного рабочего органа. Подход, предложенный ученым, позволяет исследовать динамическое нагружение элементов конструкции дорожно-фрезерной машины. Данная работа имеет высокую теоретическую значимость и, несомненно, требует проведения полномасштабного эксперимента. Вместе с тем, может быть использована для улучшения конструкции и эксплуатации дорожно-фрезерных машин, а также для углубления понимания моментов сопротивления и динамических нагрузок в других типах дорожно-строительной техники.

В работе [5] автором была предпринята попытка теоретически определять силы резания, возникающие в процессе работы дисковой фрезы и затраты мощности на резание грунта. Однако, необходимы дополнительные экспериментальные исследования для подтверждения теоретических результатов и более полного понимания процесса резания. Тем не менее, работа является важным вкладом в сферу исследований процесса резания строительно-дорожных материалов.

1. Материалы и методы

Изучение процесса фрезерования дорожных покрытий началось с экспериментального исследования взаимодействия одного режущего элемента дорожно-фрезерной машины с асфальтобетоном. Для проведения исследования наиболее подходит маятниковый стенд, который позволяет определять энергетические и силовые характеристики процесса резания и наилучшим образом соответствует задачам моделирования процессов фрезерования и динамического разрушения асфальтобетона. Работа и методика определения сил на маятниковом стенде описана в работе [6].

В результате экспериментальных исследований получены зависимости сил сопротивления резанию от толщины срезаемой стружки и температуры асфальтобетона [7], а также от марки асфальтобетона, изготовленного в соответствии как с новыми, так и устаревшими стандартами [8]. Были также получены зависимости сил сопротивления резанию в зависимости от вида износа [9] и геометрических параметров следа режущего элемента [10]. Это позволило разработать математическую модель процесса фрезерования асфальтобетона [11], которая позволяет определять нагрузки, действующие на рабочее оборудование дорожной фрезы. Математическая модель фрезерования асфальтобетона может быть использована для определения оптимальных параметров и режимов работы оборудования, что в свою очередь может привести к повышению эффективности и снижению износа оборудования при выполнении фрезеровочных работ.

После проведения анализа существующих типов фрезерных барабанов и изучения результатов смежных исследований, было проведено сравнение типов фрезерных барабанов по изменению нагрузок в зависимости от расположения режущих элементов.

2. Результаты

На основе математической модели была разработана программа для определения суммарных сил сопротивления резанию, действующих на фрезерный барабан. Исходя из полученных результатов (рис.2), можно говорить, что на стандартный фрезерный барабан действует большая суммарная нагрузка. На основании полученных данных можно сделать вывод, что чем меньше режущих элементов на фрезерном барабане, тем меньше значение силы сопротивления резанию. Такой же вывод был сделан компанией Wirtgen [1], но они не представили количественной оценки влияния силы сопротивления резанию на фрезерный барабан. Однако стоит обратить внимание на резкое увеличение и уменьшение силы сопротивления резанию в процессе работы. Черновой фрезерный барабан ECO Cutter работает при меньших суммарных нагрузках, но ударные нагрузки на рабочее оборудование значительно выше, чем у стандартного фрезерного барабана.

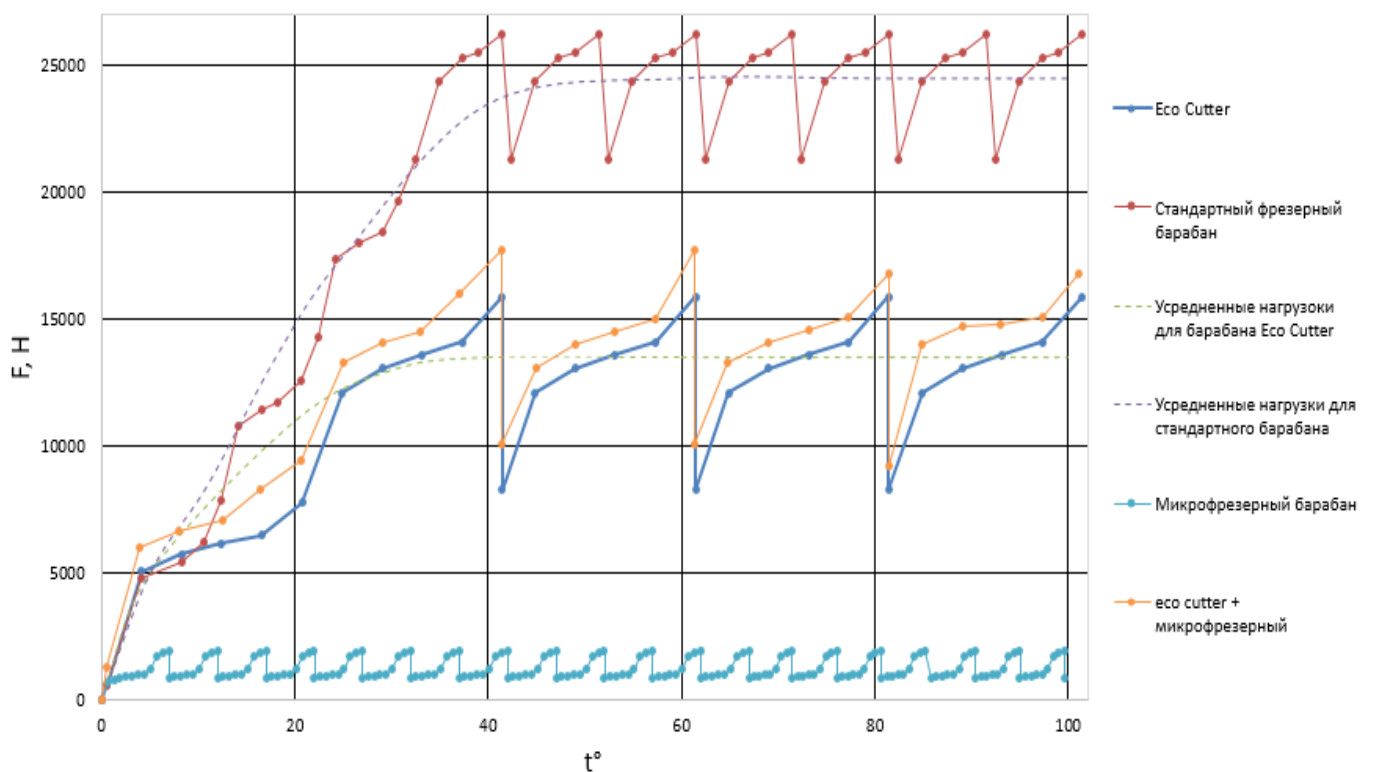


Рис.2. Суммарные силы, действующие на фрезерные барабаны

Вместе с тем, можно предположить существование некоей оптимальной конструкции фрезерного барабана, режущие элементы которой будут расположены таким образом, чтобы нагрузка, действующая на фрезерный барабан была наименьшей и распределялась равномерно. Возможно, это будет некая комбинированная схема, состоящая из двух фрезерных барабанов черновой и чистовой обработки. Например, если сравнить силы, действующие на стандартный фрезерный барабан и на комбинированный рабочий орган состоящий из чернового барабана «ECO Cutter» и микрофрезерного барабана, то можно заметить, что нагрузки, действующие на рабочий орган возрастают не значительно.

Зная значения нагрузок, возникающих в процессе фрезерования асфальтобетонных покрытий можно спрогнозировать мощность, требуемую для привода фрезерного рабочего органа. Следовательно, если нагрузки, действующие на фрезерный барабан дорожно-фрезерной машины будут меньше, то и для привода такого оборудования потребуется

двигатель меньшей мощности. Исходя из этого, чем меньше мощность, требующаяся для удаления асфальтобетонного покрытия, тем выше будут показатели энергетической эффективности таких машин. Это приведет к уменьшению энергопотребления и снижению затрат на эксплуатацию дорожных фрез.

Выводы

1. Силы сопротивления резанию влияют на фрезерный барабан с меньшей силой, если на нем расположено меньше режущих элементов.
2. Вероятно, существует оптимальная схема расположения режущих элементов на фрезерном барабане.
3. Можно предположить, что комбинированное фрезерное оборудование будет более производительным и менее энергозатратным.
4. Скачкообразное изменение сил сопротивления резанию указывает на необходимость дополнительного исследования в этой области.

Список литературы

1. Wirtgen-group: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://www.wirtgen-group.com/ru-am/> (дата обращения: 15.05.2024). – Текст: электронный.
2. Ковалевич, П. В. Влияние скорости резания дискового режущего инструмента на силу и энергоёмкость при механическом разрушении льда / П. В. Ковалевич, В. А. Ганжа, И. В. Каптюк // Евразийский союз ученых. – 2014. – № 7-1(7). – С. 73-77.
3. Семкин, Д. С. О влиянии скорости рабочих органов землеройных машин на силу сопротивления грунта резанию / Д. С. Семкин // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2017. – № 1(53). – С. 37-43.
4. Фомин, К. В. Моделирование момента сопротивления на рабочем органе дорожной фрезы / К. В. Фомин // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации : Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «СибАДИ», Омск, 03–04 декабря 2020 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2021. – С. 52-56. – EDN ISUOMC.
5. Сазамбаева, Б. Т. Расчет усилий резания грунта дисковой фрезой / Б. Т. Сазамбаева, Б. Б. Тогизбаева, М. Маханов // Механика и технологии. – 2019. – № 2 (64). – С. 49–55.
6. Шамахов, Л. М. Особенности использования маятникового стенда для изучения процессов резания дорожно-строительных материалов / Л. М. Шамахов, Н. Э. Лысаков // Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных : Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Омск, 10–11 февраля 2022 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2022. – С. 38-42. – EDN UQCRIP.
7. Фурманов, Д. В. Влияние показателей прочности асфальтобетона на энергоёмкость процесса фрезерования / Д. В. Фурманов, Н. Э. Лысаков, Л. М. Шамахов // Проблемы машиноведения : Материалы V Международной научно-технической конференции, Омск, 16–17 марта 2021 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2021. – С. 292-298. – DOI 10.25206/978-5-8149-3246-4-2021-292-298. – EDN MGBUUP.
8. Фурманов, Д. В. Сравнительный анализ энергоёмкости фрезерования новых марок асфальтобетонов / Д. В. Фурманов, Л. М. Шамахов, Н. Э. Лысаков // Строительные и дорожные машины. – 2023. – № 1. – С. 24-28. – EDN TILVYQ.

9. Фурманов, Д. В. Влияние износа режущего элемента дорожной фрезы на силу сопротивления резанию асфальтобетона / Д. В. Фурманов, Л. М. Шамахов, Н. Э. Лысаков // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2023. – Т. 20, № 2(90). – С. 204-216. – DOI 10.26518/2071-7296-2023-20-2-204-216. – EDN KLHYLT.

10. Furmanov, D. V. Experimental Justification of Geometrical Model of Cut Chip Cross-Section during Asphalt Milling / D. V. Furmanov, N. E. Lysakov, L. M. Shamahov // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2021. – Vol. 151 LNCE. – P. 296-301. – DOI 10.1007/978-3-030-72910-3_43. – EDN IGGMQV.

11. Фурманов, Д. В. Экспериментально-аналитическое обоснование процесса резания асфальтобетона рабочим оборудованием дорожной фрезы / Фурманов Д. В., Лысаков Н. Э., Шамахов Л. М. // Вестник СибАДИ. – 2022. – № 19 (2). – С. 170–182.

АВТОРЫ

Шамахов Леонид Михайлович, ассистент каф. «Строительные и дорожные машины», Ярославский Государственный Технический Университет, г. Ярославль, пр-кт Московский, д. 88, 150023, Российская Федерация, leonid.shamakhov@yandex.ru

Machines & Plants Design & Exploiting

Electronic journal
International Public Organization
“Integration strategy”
<http://maplants-journal.ru>

//Machines and Plants:Design and Exploiting.
2024. № 1. pp. 26 – 33.

DOI:

Received: 24.05.2024

Accepted for publication: 29.05.2024

© International Public Organization “Integration
strategy”

Investigation of power and energy parameters of asphalt concrete milling machines

Shamakhov Leonid M.

leonid.shamakhov@yandex.ru

Yaroslavl State Technical University,
Yaroslavl, Russian Federation

This work is devoted to the study of power and energy indicators arising in the process of milling asphalt concrete pavements with cutting elements of road cutters. In particular, two specific types of milling drums and their interaction with asphalt concrete, depending on various factors, were studied. A mathematical model of the asphalt concrete milling process has been developed, on the basis of which a program has been created to determine the total cutting resistance forces acting on the milling drum. Finally, conclusions were drawn about the effect of cutting resistance forces on the milling drum, about the possibility of an optimal arrangement of cutting elements on the milling drum, about the expected higher level of productivity and lower energy consumption of combined milling equipment, as well as about the need for additional research in this area.

Keywords: road milling cutter, cutting element, milling drum, asphalt concrete coating, cutting resistance force.

References

1. Wirtgen-group: official website. – Moscow. – URL: <https://www.wirtgen-group.com/ru-am> /(date of access: 05/15/2024). – Text: electronic.
2. Kovalevich, P. V. The influence of the cutting speed of a disc cutting tool on the strength and energy consumption during mechanical destruction of ice / P. V. Kovalevich, V. A. Ganzha, I. V. Kaptyuk // Eurasian Union of Scientists. – 2014. – № 7-1(7). – Pp. 73-77.
3. Semkin, D. S. On the influence of the speed of the working bodies of earthmoving machines on the strength of soil resistance to cutting / D. S. Semkin // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. – 2017. – № 1(53). – Pp. 37-43.
4. Fomin, K. V. Modeling of the moment of resistance on the working body of a road milling cutter / K. V. Fomin // Architectural, construction and road transport complexes: problems, prospects, innovations : Collection of materials of the V International Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of SibADI, Omsk, December 03-04, 2020. Omsk: Siberian State Automobile and Road University (SibADI), 2021. - pp. 52-56. – EDN ISUOMC.

5. Sazambayeva, B. T. Calculation of ground cutting forces with a disc cutter / B. T. Sazambayeva, B. B. Togizbayeva, M. Makhanov // *Mechanics and technologies*. – 2019. – № 2 (64). – Pp. 49-55.
 6. Shamakhov, L. M. Features of using a pendulum stand to study the processes of cutting road construction materials / L. M. Shamakhov, N. E. Lysakov // *Fundamental and applied research of young scientists : A collection of materials of the VI International Scientific and practical Conference of students, postgraduates and young scientists, Omsk, February 10-11, 2022*. Omsk: Siberian State Automobile and Road University (SibADI), 2022. – pp. 38-42. – EDN UQCRIP.
 7. Furmanov, D. V. The influence of asphalt concrete strength indicators on the energy intensity of the milling process / D. V. Furmanov, N. E. Lysakov, L. M. Shamakhov // *Problems of machine science : Materials of the V International Scientific and Technical Conference, Omsk, March 16-17, 2021*. Omsk: Omsk State Technical University, 2021. – pp. 292-298. – DOI 10.25206/978-5-8149-3246-4-2021-292-298. – EDN MGBUUP.
 8. Furmanov, D. V. Comparative analysis of the energy intensity of milling new grades of asphalt concrete / D. V. Furmanov, L. M. Shamakhov, N. E. Lysakov // *Construction and road machines*. – 2023. – No. 1. – pp. 24-28. – EDN TILVYQ.
 9. Furmanov, D. V. The effect of wear of the cutting element of a road milling cutter on the strength of resistance to cutting asphalt concrete / D. V. Furmanov, L. M. Shamakhov, N. E. Lysakov // *Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University*. – 2023. – Vol. 20, No. 2(90). – pp. 204-216. – DOI 10.26518/2071-7296-2023-20-2-204-216. – EDN KLHYLT.
 10. Furmanov, D. V. Experimental Justification of Geometrical Model of Cut Chip Cross-Section during Asphalt Milling / D. V. Furmanov, N. E. Lysakov, L. M. Shamakhov // *Lecture Notes in Civil Engineering*. – 2021. – Vol. 151 LNCE. – P. 296-301. – DOI 10.1007/978-3-030-72910-3_43. – EDN IGGMQV.
 11. Furmanov, D. V. Experimental and analytical substantiation of the process of cutting asphalt concrete with working equipment of a road milling cutter / Furmanov D. V., Lysakov N. E., Shamakhov L. M. // *Bulletin of SibADI*. – 2022. – № 19 (2). – C. 170-182.
-

AUTHORS

Shamakhov Leonid M., Assistant of the Department "Construction and Road machines", Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Moskovsky ave., 88, 150023, Russian Federation, leonid.shamakhov@yandex.ru