

УДК 625.084

На правах рукописи

ФАДЕЕВ СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ

**Разработка и обоснование параметров кулачкового виброратка для
разрушения дорожных покрытий**

6N0713 – Транспорт, транспортная техника и технологии

Автореферат

диссертация на соискание степени
магистра

Республика Казахстан
г. Усть-Каменогорск, 2011

Работа выполнена в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева

Научный руководитель:

доктор технических наук,
Дудкин М.В.

Официальные оппонент:

магистр технических наук,
преподаватель колледжа им.К.
Нургалиева
Сембина Ш.К.

Защита состоится 28 января 2011 г. в 9⁰⁰ в Восточно-Казахстанском Государственном Техническом Университете (ВКГТУ) им. Д. Серикбаева по адресу: г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева 19 ауд. Г – 1 – 206.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук

Елемес Д.Е.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Автомобильные дороги имеют большое значение в социально-экономическом развитии страны. Поэтому развитию сети автомобильных дорог в стране уделяется большое внимание. Ежегодно строится и капитально ремонтируется более 5 тыс. км дорог с твердым покрытием. Развитие экономики страны требует увеличения интенсивности и грузоподъемности транспортного потока, что невозможно без улучшения качества дорожного строительства.

В настоящее время более 70% автомобильных дорог республиканского значения с асфальтобетонным покрытием подлежат реконструкции, а это свыше 50 тыс. км дорог, на что потребуется 55-65 млн. тонн асфальтобетона. Для восстановления работоспособности автомобильных дорог в Казахстане в основном необходима реконструкция самого материалоемкого конструктивного элемента - дорожной одежды, в которой находится свыше 150 млн. тонн асфальтобетона в качестве бесполезного балласта.

Мировая практика повторного использования асфальтового лома старых покрытий показывает, что такие страны как США, Англия, Германия и Франция повторно используют весь асфальтовый лом, Япония, Чехия и Словакия - 80 %, Венгрия и Польша - 60 и 50 % соответственно, а в Казахстане гораздо меньше.

Одной из основных причин медленного внедрения технологии повторного использования старого асфальтобетонного покрытия является несовершенство используемых механизмов для разрушения покрытия и этой актуальной задаче посвящена диссертационная работа по обоснованию параметров кулачкового катка для разрушения асфальтобетонного покрытия при реконструкции автомобильных дорог.

Для восстановления всей сети автомобильных дорог Казахстана при минимуме затрат топливно-энергетических и материальных ресурсов необходимо повторно использовать всю массу материалов дорожных одежд, запасы которых достаточны.

Следовательно, обоснование параметров и создание новых рабочих органов для разрушения старых дорожных одежд является актуальной задачей.

Диссертационная работа является составной частью НИР кафедры «Технологические машины и оборудования».

Целью работы: является разработка методики по обоснованию параметров рабочих органов самоходных кулачковых катков, предназначенных для разрушения старого асфальтобетонного покрытия с учетом характера их взаимодействия с разрушаемым материалом.

Объекты исследований: информационный поток, отражающий технико-экономические параметры дорожной техники; технические и конструктивные решения в области создания рабочих органов дорожных катков.

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе решаются следующие задачи:

- систематизировать информацию по основным техническим параметрам дорожных катков, выпускаемых ведущими странами мира;
- получить математические зависимости взаимосвязи технических параметров дорожных катков на основе вероятностно-статистического анализа; сбор, систематизация патентной информации и разработка морфологической классификации конструкций кулачковых катков;
- выявление перспективных направлений в совершенствовании рабочих органов кулачковых катков, позволяющие повысить эффективность их использования;
- обосновать параметры кулачковых катков для разрушения покрытий автомобильных дорог с получением кускового асфальтового лома;
- оценить его экономическую эффективность.

Методы исследования. При проведении исследований применялись методы теоретической механики, математического анализа, математической статистики и теории вероятностей, методы корреляционного и регрессионного анализа, конструирования и технико-экономической оценки.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов диссертации подтверждается: результатами проверки полученных математических зависимостей компьютерным моделированием и натурными экспериментами опытно-промышленного кулачкового катка, а также репрезентативными статистическими данными по техническим параметрам дорожных катков, высокими коэффициентами корреляции.

Научная новизна работы состоит в том что:

- вероятностно-статистическими методами выявлена взаимосвязь основных технических параметров дорожных катков и получены уравнения парной корреляции, моделирующие в сжатой форме современные тенденции развития дорожных катков;
- разработана морфологическая классификация патентной информации по конструкции кулачковых катков, получены математические модели динамики патентования;
- получены математические зависимости определения сил сопротивления асфальтобетонного покрытия разрушению в зависимости от физико-механических свойств среды и конструкции рабочего органа;
- разработана инженерная методика расчета параметров рабочего органа кулачкового катка для разрушения старого асфальтобетонного покрытия.

На защиту выносятся следующие положения:

- систематизированные базы данных и математические модели взаимосвязи между техническими параметрами дорожных катков, полученные вероятностно-статистическими методами;
- морфологическая классификация патентной информации по конструкциям кулачковых катков и математические модели динамики патентования;
- математические зависимости взаимодействия рабочих органов кулачковых катков с разрабатываемой средой при вскрытии старых асфальтобетонных покрытий;

- методика инженерного расчета основных параметров кулачковых катков для разрушения старого асфальтобетонного покрытия и результаты экспериментальных исследований опытного образца.

Практическая ценность работы заключается:

- в использовании созданной информационной базы данных по основным техническим параметрам кулачковых катков специалистами, занимающимися проектированием и эксплуатацией дорожной техники;
- в разработке методики инженерного расчета основных параметров кулачкового катка для разрушения старого асфальтобетонного покрытия;
- в обосновании параметров кулачкового катка с созданием опытно-промышленного образца и разработкой необходимой технической документации для широкого производственного использования этих машин.

Реализация результатов работы: Результаты теоретических и экспериментальных исследований реализованы при создании кулачкового катка для разрушения старого асфальтобетонного покрытия при реконструкции автомобильных дорог.

Апробация и публикации работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на научных конференциях: (9 – 10 Республиканской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана» 2009 и 2010 гг.)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и основных выводов, списка использованных источников, включающего 58 наименований русскоязычных и иностранных авторов.

Объем диссертации 78 страниц, 62 рисунка, 12 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована её актуальность, показана научная новизна темы, приведены цели и задачи исследования, положения, выносимые на защиту, сформулирована проблема и практическая значимость выполненной работы, указаны структура и объем диссертации.

В первой главе выявлены основные научные исследования, во многом предопределившие прогресс в создании строительных и дорожных машин в области взаимодействия их рабочих органов с разрабатываемой средой, проведены В.П. Горячкиным, Н.Г. Домбровским, А.Н. Зелениным, Д.П. Волковым, Ю. Ветровым, И.А. Недорезовым, Д.И. Федоровым, В.И. Баловневым, Р.А. Кабашевым, Р.Н. Таукелевым, Ж.Ж.Тургумбаевым, Э.А. Абраменковым, А.С.Кадыровым, С.Н. Нураковым, Н.Я.Хархутой, А.Я.Калужским, О.Т.Батраковым, С.А.Варгановым, В.С. Бочаровым, С.Мырзашевым, М.В. Дудкиным и др.

Для восстановления всей сети автомобильных дорог Казахстана при минимуме затрат топливно-энергетических и материальных ресурсов Необходимо повторно использовать всю массу материалов дорожных одежд, запасы которых достаточны. Одной из основных причин медленного внедрения технологии повторного использования старого асфальтобетонного покрытия является несовершенство используемых механизмов для разрушения покрытия.

С целью минимизации затрат при реконструкции существующей автомобильно-дорожной сети Казахстана, разработаны технические решения, которые позволили разрушать асфальтобетонные покрытия для повторного их использования с получением кускового асфальтового лома.

Для облегчения вскрытия асфальтобетонного покрытия предлагается использовать кулачковый каток с некоторым усовершенствованием кулачков для предотвращения сопротивления асфальтового покрытия при входе и выходе кулачков на поверхность. При этом использование кулачкового катка позволит избежать смешивание материалов покрытия и основания, как это происходит при использовании рыхлителя.

Проведен анализ средств механизации позволил выявить основные недостатки машин для вскрытия асфальтобетонных покрытий (киркование, фрезерование и применение способа холодного ресайклинга).

С учетом вышеизложенного, предлагается использовать для разрушения и вскрытия асфальтобетонных покрытий кулачковые катки. Удельное давление кулачковых катков среднего типа составляет от 2 МПа до 6 МПа и более, что достаточно для вдавливания кулачков в старое покрытие, прочность которого значительно ниже из-за трещинообразования от длительной его эксплуатации. При этом технологический процесс вскрытия покрытия упрощается.

Проведен патентный анализ существующих конструкций кулачковых катков и механизмов для разрушения асфальтового покрытия

Во второй главе произведен выбор и обоснование параметров кулачкового катка для вскрытия старого асфальтобетонного покрытия. Принята технологическая и кинематическая схема работы данной конструкции.

Наиболее рациональным способом вскрытия дорожного асфальтобетонного покрытия является метод вертикального вдавливания клина сверху полотна дороги, при котором сила разрушения будет направлена с наименьшим усилием вдавливания клина по наименьшему его размеру – толщине слоя асфальтобетона, и дальнейшим изломом асфальтобетонного покрытия рядами клиньев.

Принимаем кулачок в виде прямоугольного клина:

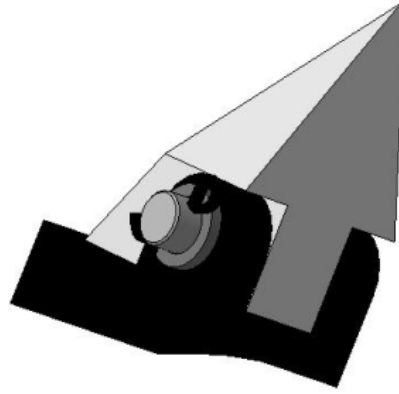


Рисунок 1 – Клин закреплен шарнирно на кронштейне, который в свою очередь жестко закреплен с вальцем.

Предлагаемая конструкция кулачкового катка представляет собой статический прицепной дорожный кулачковый каток, с шарнирно закрепленными кулачками на цилиндрическом вальце, выполненный в виде сменного рабочего оборудования к любой дорожной машине.

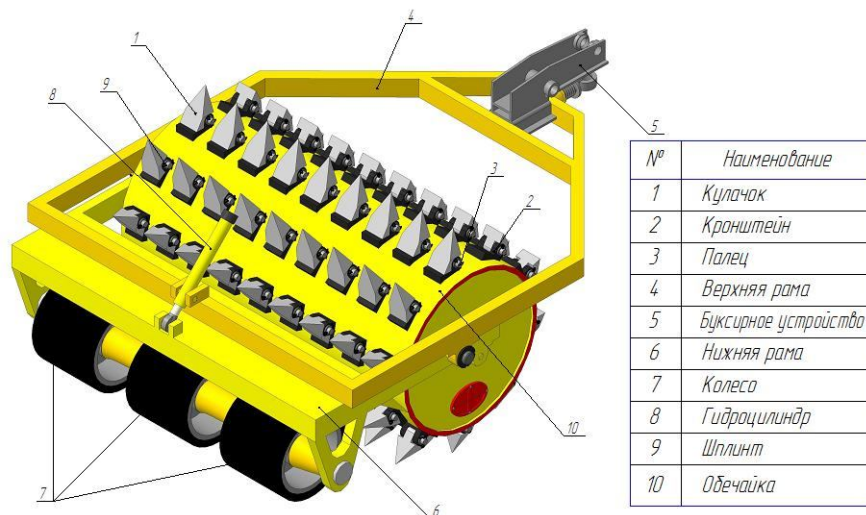


Рисунок 2 – Общий вид разрабатываемой конструкции

Получены математические зависимости, позволяющие рассчитать необходимые усилия для разрушения старого асфальтобетонного покрытия кулачковыми катками при реконструкции автомобильных дорог, с учетом физико-механических свойств среды и геометрических размеров рабочего органа.

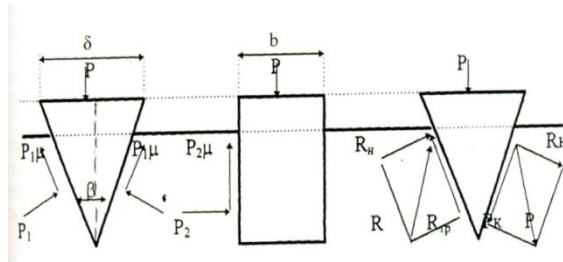


Рисунок 3 – Реакция грунта, направленная по нормали к поверхности клина.

Был выполнен расчет усилий внедрения в упруго-вязкую среду, различных вариантов профилей кулачков с варьированием коэффициент вязко-упругого трения среды по металлу и глубины внедрения.

Реакция грунта определяется:

$$P_1 = R_H = \frac{P \cos \varphi}{2 \sin \left(\frac{\beta}{2} + \varphi \right)} \quad (1)$$

где φ - угол внешнего трения клина о материал разрушения; P - усилие, действующее на клин при погружении. Сила трения об асфальт равна:

$$R_{тр} = R_H \operatorname{tg} \varphi = \frac{P \sin \varphi}{2 \sin \left(\frac{\beta}{2} + \varphi \right)} \quad (2)$$

Расклинивающее усилие равно:

$$P_2 = P_H = \frac{P}{2} \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{\beta}{2} + \varphi \right) \quad (3)$$

Усилие внедрения клина $P > 2P_K$, где P_K - усилие сжатия, действующее на боковую поверхность клина.

Также произведен расчет основных параметров кулачкового катка для разрушения старого асфальтобетонного покрытия.

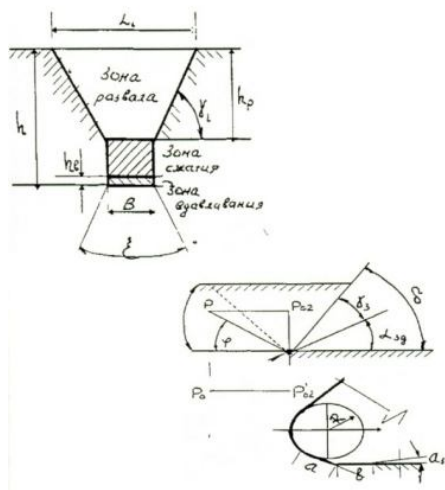


Рисунок 4 – Схема для определения параметров кулачкового катка

В третьей главе определена экономическая эффективность от изготовления и эксплуатации вальца кулачкового катка.

Произведены расчеты по следующим показателям:

1. Расчет стоимости нового катка

$$S_{уд} = \frac{S' - S_{дв}}{G - G_{дв}}; \quad (4)$$

$$S_{уд} = \frac{4233600 - 406067}{8500 - 440} = 474 \text{ тенге / кг}$$

где G – масса катка, $G = 8500$ кг

$G_{дв}$ – масса двигателя, $G_{дв} = 440$ кг

Стоимость нового катка с учетом коэффициента снижения массы:

$$S'' = (G - G_{дв}) \cdot K_d \cdot S_{уд} + S_{дв} \quad (5)$$

$$S'' = (8500 - 440) \cdot 0,9 \cdot 474 + 406067 = 3844463 \text{ тенге}$$

Тогда коэффициент уменьшения стоимости катка составит:

$$K_S = \frac{S''}{S'}; \quad (6)$$

$$K_S = \frac{3844463}{4233600} = 0,91$$

2. Эксплуатационные затраты для базового и нового катка

Экономия годовых текущих затрат после внедрения новой установки составило 252892 тенге/год.

3. Зависимость производительности и приведенных затрат от толщины разрушаемого слоя грунта

Таблица 1 - Зависимость производительности и приведенных удельных затрат от толщины разрушаемого слоя грунта

Показатель		Толщина слоя грунта, h_0 , м				
		0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
БТ	$P_{э}$, $m^3/год$	178200	356400	534600	712800	891000
НТ		213840	427680	641520	855360	1069200
БТ	$Z_{уд}$, тенге/ m^3	25,5	12,75	8,5	6,37	5,1
НТ		19,45	9,72	6,48	4,86	3,89

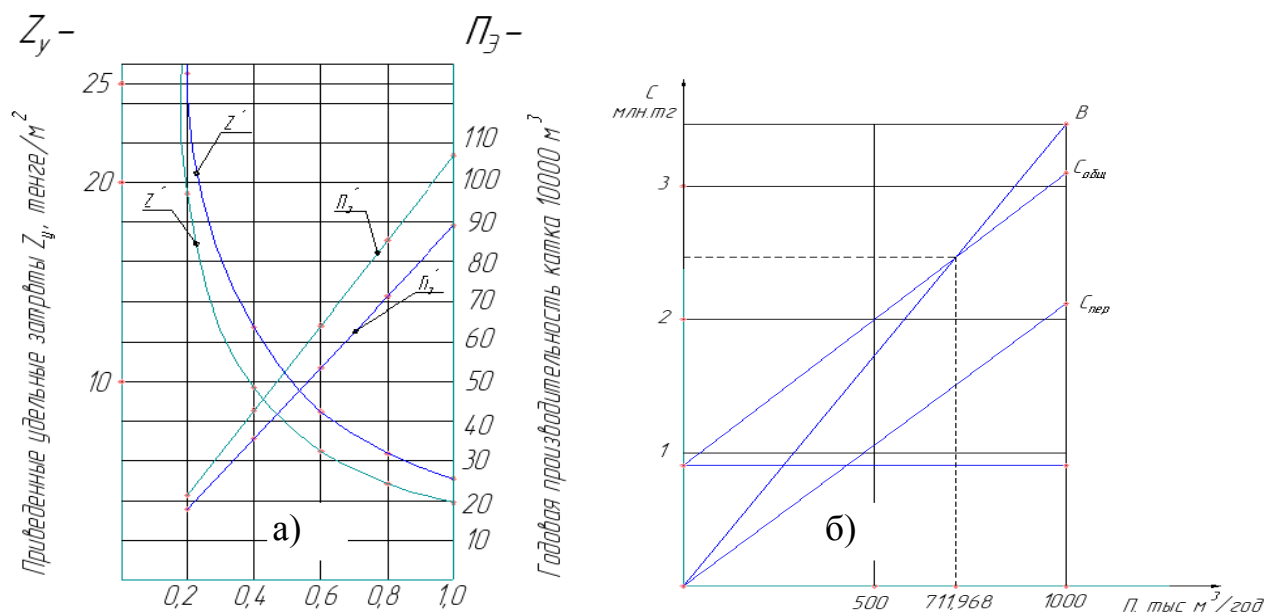


Рисунок 5 - График зависимости производительности Π_3 и приведенных удельных затрат Z_y от толщины разрушаемого слоя h_0 (а) и точки безубыточности для катка ДУ-94 (б)

4. Расчет точки самоокупаемости

Вывод: При установке вальца для разрушения асфальтового покрытия на каток класса 8,5 т возможно получение годового экономического эффекта до 1342495 тенге на одну машину типа ДУ-94 при сохранении эффективности уплотнения материалов, увеличения толщины разрушаемого слоя материала, а также уменьшения количества проходов катка до достижения заданного коэффициента уплотнения материала.

Анализ графических зависимостей показывает, что с увеличением толщины разрушаемого слоя дорожно-строительных материалов эксплуатационная годовая производительность катка линейно возрастает, а приведенные удельные затраты, соответственно, гиперболически уменьшаются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные в работе исследования по обоснованию основных технических параметров кулачкового катка на основе вероятностно-статистических методов анализа параметрической и патентной информации позволили получить научно обоснованные результаты, использование которых обеспечивает решение крупной прикладной задачи по повышению эффективности дорожных машин для вскрытия старых асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. Повторное использование асфальтового лома и старых дорожных покрытий позволяет не только исключить захоронение не

годного покрытия, но и значительно сократить средства на производство новых асфальтовых смесей. Разрушение старых асфальтобетонных покрытий с получением требуемой крупности возможно при использовании, разработанной в дипломном проекте конструкции кулачкового вальца. Для снижения сопротивления перекачиванию катка реализовано шарнирное закрепление кулачков, обеспечивающее свободный их выход из покрытия. Данный кулачковый валец за счет оригинальной конструкции кулачка позволяет при минимальных затратах вскрывать значительные площади асфальтобетонных покрытий различных строительных объектов. При этом он не требует дополнительных машин на его транспортировку и при переоборудовании может использоваться как кулачковый и гладковальцовый уплотняющий каток.

В данной диссертации произведен экономический расчет стоимости и самоокупаемости катка, произведены расчеты основных узлов и агрегатов проектируемой конструкции.

Научная новизна конструкции вальца подтверждена инновационным патентом №22924.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Инновационный патент № 22924, Республика Казахстан, МПК E02D 3/026. Валец кулачкового катка [Текст] / Дудкин М.В., Фадеев С.Н. и др.; заявитель и патентообладатель Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева. – №2009/0863.1; заявл. 01.07.2009; опубл. 26.07.2010, бюл. № 8.

2. Заявка на изобретение № 0709.1, Республика Казахстан. Валец кулачкового катка [Текст]. Дудкин М.В., Фадеев С.Н. и др.; заявитель и патентообладатель Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева. 28.10.2010.

3. Заявка на изобретение № 0863.1, Республика Казахстан. Валец кулачкового катка [Текст]. Дудкин М.В., Фадеев С.Н. и др.; заявитель и патентообладатель Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева. 01.07.2009.

4. Статья “Кулачковый каток для вскрытия асфальтового покрытия” «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана» Материалы IX Республиканской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. 22-24 апреля 2009 г. г. Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2009. – Ч.II. – 260 с

Түйін

Фадеев Сергей Николаевич

«Жол жамылғысын бұзуға арналған жұдырықшалы дірілаунақтың параметрлерін жасау және негіздеу»

6N0713 – Көлік, көліктік, техника және технологиялар.

Жұмыстың мақсаты: бұзылатын материалмен әсер ету сипаттама есерімен алынатын ескі асфальтобетон жамылғыны бұзуға арналған өз жүретін жұдырықшалы аунақтардың жұмыс мүшелерінің параметрлерің негіздеу әдістерің құрастыру болады.

Зерттеу нысандыры: жол техниканың технико-экономикалық параметрлерін шағылыстыратын ақпараттық ағым, жол аунақ жұмыс мүшелерін жасау аумағында техникалық және құрастырушы шешімдері.

Зерттеу әдістері: зерттеу жұмыста жүргізілгенде теориялық механиканың математикалық талдау және ықтымалдық теориясы, корреляциялық әдістер және регрессиялық талдау, құрастыру және технико-экономикалық бағалау әдістері қолданылды.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы төмендігідей:

- ортаның физико-механикалық қасиеттерімен жұмыс органның құрамына тәуелді асфальтобетон жамылғының кедергі күштерді анықтаудың математикалық тәуелділіктер алынған;
- ескі асфальтобетон жамылғының бұзуға арналған жұдырықшалы аунақтың жұмыс мүшесі параметрлерін есептеудің инженерлік әдісі жасалған.

Келесі жағдайлар қорғауға ұсынылады:

- жұдырықшалы аунақтардың құрылымдар бойынша патенттік ақпараттардың морфологиялық жіктелуі;
- ескі асфальтобетон жамылғыны бұзуға арналған жұдырықша аунақтардың және тәжірибе үлгінің эксперименталдық зерттеудің негізгі параметрлерін инженерлік есептеудің әдісі.

Жұмыстың тәжірибелік құндылығы:

- ескі асфальтобетон жамылғыны бұзуға арналған жұдырықшалы аунақтың негізгі параметрлерінің инженерлік есептеудің әдісің жасауда;
- тәжірибелі-өндірістік үлгіні жасаумен жұдырықшалы аунақтың параметрлерің негіздеу және осы машиндерді кен өндірістік қолдануға арналған керекті техникалық құжаттарды жасауда.

Жұмыснәтижелерін іске асыру: автомобильді жолдарын қолапына келтіру кезіндегі ескі асфальтобетон жамылғыны бұзуға арналған жұдырықшалы аунақты жасауда теориялық және тәжірибелік зерттеулер нәтижелерін іске асыру.

SUMMARY

Fadeev Sergey Nikolaevich

“Development and Reasoning of the Parameters of Cam-Shaped Vibration Roller for Breaking Road Coatings”

6N0713 - Transport, Transport Engineering and Technologies

The goal of work is the development of the methodology for the basis of the parameters of the movable operating elements of self-moving sheep's foot rollers serving for breaking old asphalt coat taking into account the character of interaction with the broken material.

Object of research: informational flow reflecting performance characteristics of road machinery; technical and constructive decisions in the area of making movable operating elements of road rollers.

Methods of research: During the examination we have used the methods of classical mechanics, mathematical analysis, mathematical statistics and the theory of relativity; methods of correlation and regression analysis; design and technical and economic assessment.

Scientific Novelty of the work:

- I have obtained the mathematical dependencies of determining the forces the strength of asphalt coat to breaking upon the dependence of physical-mechanical properties of the media and the structure of movable operating element;
- I have developed the engineering methodology of calculating the parameters of the movable operating element of a sheep's foot roller for breaking the old asphalt coating.

The following positions are for the defense:

- Morphological classification of the patent information on the design of sheep's foot rollers and mathematical models of the patenting dynamics;
- Methodology of engineering calculation of the basic parameters of sheep's foot rollers for breaking the old asphalt coating and the results of the sample experimental studying.

The practical value of work includes:

- The development of the methodology of the engineering calculating of the basic parameters of a sheep's foot roller for breaking the old asphalt coating;
- Explanation of the parameters of a sheep's foot roller.