

АННОТАЦИЯ

Диссертационной работы

Исабек Зарины Рамазановны на тему «Разработка автоматической системы управления процессом фрезерования дорожных покрытий фрезерными дорожными машинами» на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071200 – Машиностроение.

Общая характеристика работы. В диссертационной работе изучены существующие технологические методы фрезерования верхнего слоя дорожных покрытий и известные конструкции используемых дорожных фрез, выявлены основные их недостатки; впервые предложено рассматривать дорожную фрезерную машину как объект автоматического управления и создавать на базе них системы автоматического регулирования (САР) фрезерованием дорожных покрытий, автоматические системы изготовления требуемой формы и размеров штроб на месте разрушенных стыков между полотнами и ремонта дорог с трещинами температурного происхождения. Обоснована модернизация штатных узлов дорожных фрезерных машин, разработаны оригинальные конструкции, произведён расчёт конструкций встроенных в штатные узлы упругих элементов, являющихся первичными неэлектрическими преобразователями как измерительных преобразователей, так и исполнительных механизмов автоматических систем управления фрезерованием. На разработанном стенде проведены экспериментальные исследования опытных образцов узлов со встроенными в них упругими элементами. Впервые предложенные решения позволили повысить эффективность работы дорожных фрезерных машин (ДФМ), в том числе расширить их эксплуатационно-технологические, экономические и конструкторско-механические возможности.

Актуальность работы. Технологический процесс механического воздействия на верхние слои дорожного покрытия дорожными фрезами является основным и единственным для ремонта повреждённых участков асфальтобетонных покрытий автодорог, а также для подготовки поверхностей для укладки новых слоёв без разогрева покрытия, а лишь за счёт раздробления зёрен асфальтобетонной смеси и изменения гранулометрического состава ремонтируемых поверхностей.

К настоящему времени эксплуатационно-технические характеристики используемого оборудования – дорожных фрезерных машин – ограничены, а их конструкторско-технологический ресурс модернизации практически исчерпан, при этом само оборудование работает в условиях значительных нагрузок и действия большого числа внешних дестабилизирующих факторов. Дополнительные трудности создаёт многофакторность протекания процесса фрезерования, нелинейности большинства характеристик связи между входными и выходными переменными процесса фрезерования, отсутствие между ними аналитических зависимостей. В этих условиях необходим новый

подход к совершенствованию и повышению эффективности работы данного класса строительно-дорожных машин.

Анализ функционирования дорожных фрезерных машин, а также патентно-информационные исследования в данной области позволили выявить перспективный путь дальнейшего совершенствования используемой технологии и оборудования в виде разработки САР процессом холодного фрезерования на базе штатных узлов дорожных фрезерных машин. Научные исследования в данном направлении являются новыми, актуальными, перспективными и единственно верными по расширению эксплуатационно-технологических, экономических и конструкторско-механических возможностей дорожных фрезерных машин.

Таким образом, диссертационная работа, направленная на разработку автоматической системы управления процессом фрезерования дорожных покрытий модернизированными дорожными фрезерными машинами, является актуальной, а само научное направление – принципиально новым и не имеющим аналогов.

В результате диссертационного исследования получены результаты:

– Рассмотрены схемы компоновок дорожных фрезерных машин (ДФМ), предложен вариант совершенствования основного элемента ДФМ – фрезерного барабана, обеспечивающего срез и доставку стружки от торцов барабана к центрально расположенным выбрасывателям.

– Изучены формы изношенных поверхностей поворотных резцовых вставок фрезерных барабанов в реальных условиях эксплуатации, впервые выделен новый элемент износа – кинематический профиль площадки износа на режущей поверхности резцовой вставки и разработано стационарное приспособление для нахождения и количественной оценки всех элементов износа резцовых вставок (Пат.РК №35400).

– Впервые ДФМ рассмотрены как объект автоматического управления, выделены основные физические состояния, входные, выходные и возмущающие параметры и воздействия на процесс фрезерования, что позволило разработать оригинальную систему автоматического регулирования (САР) процесса фрезерования для поддержания заданной глубины фрезерования (Пат.РК №35040) и САР фрезерования асфальтобетона для обеспечения правильной геометрической формы и размеров штроб на месте разрушенных стыков между полотнами дорожного покрытия автомобильных дорог (Пат.РК №34933).

– Усовершенствованы и модернизированы основные узлы ДФМ, обеспечивающие достижения нового технического результата:

а) дорожной фрезы (Пат.РК №34246), обеспечивающей оперативное создание разной глубины вертикальной стенки трещины и автоматического образования разной ширины полки над ней;

б) фрезерного барабана (Пат.РК №35091), обеспечивающего создание разноточечного, изменяющегося по нахождению на поверхности дорожного

покрытия адаптивно-варьируемого ударно-концентрированного силового точечного воздействия на обрабатываемую поверхность;

в) устройство для нарезания щелей в дорожных покрытиях (Пат.РК №35118), позволившее в автоматическом режиме производить нарезание щелей разной ширины при максимальном количестве рабочих ходов;

г) фрезерного барабана (Пат.РК №35196), обеспечивающего снятие требуемой глубины фрезерования дефектного слоя дорожного покрытия;

д) фрезерного рабочего органа (Пат.РК №34247) для снятия маркировочных знаков с дорожных покрытий.

– Усовершенствована конструкция измерительного клина (Пат.РК №34221) для измеряющей ровность асфальтобетонного покрытия рейки.

– Разработана методика выбора контролируемого параметра состояния оборудования ДФМ;

– Составлена методика и произведён расчёт упругих элементов сборных измерительных преобразователей САР процесса фрезерования, получена оценка статических и динамических характеристик основных функциональных элементов и узлов САР процесса фрезерования.

– Разработано устройство автоматического создания регулируемой по величине направлению нагружающей фрезерный барабан силы, найдены зависимости для вычисления координат вершины вектора смещения центра масс фрезерного барабана;

– Эмпирически на стенде подтверждена возможность создания на базе модернизированных узлов фрезерного барабана (в частности, на базе его подшипниковых опор) САР процесса фрезерования.

– Эмпирически подтверждены оптимальные функционально-технические характеристики встроенных в штатный узел ДФМ измерительных преобразователей, а именно, высокая чувствительность к вариации диагностируемого параметра, надёжность и инвариантность по отношению к внешним дестабилизирующим и нагружающим факторам.

– Актуальность и перспективность создания на базе ДФМ САР процесса фрезерования подтверждена девятью патентами РК на изобретения.

Цель работы – повышение эффективности работы дорожных фрезерных машин за счёт рассмотрения их как объекта управления и создания на базе штатных узлов дорожных фрезерных машин автоматических систем управления процессом фрезерования.

Задачи исследования:

– обосновать возможность рассмотрения дорожных фрезерных машин как объектов автоматического управления;

– разработать на базе дорожных фрезерных машин с фрезерным барабаном систему автоматического регулирования фрезерованием, используя в качестве первичного неэлектрического преобразователя детали их модернизированных штатных узлов;

– разработать систему автоматического регулирования процесса фрезерования разрушенных стыков между полосами дорожного покрытия автомобильных дорог;

– модернизировать основные узлы дорожных фрезерных машин, а именно, фрезерные барабаны, дорожную фрезу, фрезерный рабочий орган и устройство для нарезания щелей;

– разработать технические средства метрологического обеспечения работы САР, а именно, измерительный клин для измерения ровности покрытия и приспособления для измерения износа резовых вставок;

– произвести расчёт упругих элементов основных функциональных узлов системы автоматического регулирования процесса фрезерования и оборудования для ремонта покрытий дорог;

– произвести оценку статических и динамических характеристик использованных в системе автоматического регулирования штатных модернизированных узлов дорожных фрезерных машин;

– разработать стенд и провести экспериментальные исследования опытных образцов – модернизированных подшипниковых опор фрезерного барабана.

Объектом исследования является дорожная фрезерная машина и реализованные на базе неё системы автоматического регулирования процесса фрезерования.

Предмет исследования – модернизированные штатные узлы дорожных фрезерных машин с встроенными в них упругодеформируемыми деталями, реализующими функции измерительного преобразователя автоматической системы управления фрезерованием.

Научной новизной являются:

– новый подход в рассмотрении дорожных фрезерных машин как объекта автоматического управления фрезерованием;

– оригинальные системы автоматического управления фрезерованием на базе штатных узлов дорожных фрезерных машин и технические решения по модернизированным деталям и узлам машин, защищённые девятью патентами РК: 34040, 34221, 34246, 34247, 34933, 35091, 35118, 35196 и 35400;

– результаты расчётов упругих элементов основных функциональных узлов системы автоматического регулирования процесса фрезерования;

– результаты экспериментальных исследований на оригинальном стенде опытных образцов модернизированных подшипниковых опор фрезерного барабана, подтверждающие работоспособность разработанных САР процессом фрезерования.

Практическая значимость исследований заключается:

– в возможности использования опытных образцов модернизированных подшипниковых опор фрезерного барабана в реализованной на базе них систем автоматического управления фрезерованием;

– во вновь созданных оригинальных конструкциях штатных узлов дорожных фрезерных машин;

– в оригинальных технических средствах оперативного контроля качественных параметров сооружаемого и эксплуатируемого покрытия из асфальтобетона, в частности, измерительного клина для измеряющей ровность покрытия рейки.

На защиту выносятся следующие научные положения:

– состав и реализация двух систем автоматического регулирования (САР) процесса фрезерования, а также технические решения по модернизированным деталям и узлам машин, в том числе:

а) САР процесса регулирования процесса фрезерования (Пат. РК 34040);

б) САР процесса фрезерования разрушенных стыков (Пат. РК 34933);

в) дорожная фреза для расшивки трещин (Пат. РК 34246);

г) фрезерный рабочий орган дорожной машины (Пат. РК 34247);

д) фрезерные барабаны (Пат. РК 35091 и 35196);

е) устройство для нарезания щелей (Пат. РК 35118);

ж) измерительный клин (Пат. РК 34221) и приспособления для измерения износа резцовых вставок (Пат. РК 35400);

– методика расчёта упругих элементов основных функциональных узлов системы автоматического регулирования процесса фрезерования и оборудования для ремонта покрытий автодорог;

– конструкция стенда и полученные на нём результаты экспериментальных исследований опытных образцов подшипниковых опор фрезерного барабана.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на V Международной научно-практической конференции «Повышение надёжности и безопасности транспортных сооружений и коммуникаций, 27-28 ноября 2019 г. (РФ, г.Саратов).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 12 научных работ, в том числе две статьи в журнале, индексированном в базе данных Scopus, получено 9 патентов РК на изобретения и одна статья в сборнике трудов V Международной научно-практической конференции.

Реализация результатов исследований. Опытные образцы модернизированных подшипниковых опор фрезерного барабана испытаны на полигоне ТОО «Акмолаприбор» (г.Астана) и внедрены в опытный образец системы автоматического регулирования процесса фрезерования асфальтобетона в 2022 в г.Астана.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из определений, обозначений и сокращений, введения, 5 разделов и заключения, списка использованных источников, стандартов и нормативных документов, а также трех приложений. Работа изложена на 157 страницах машинописного текста, включает 64 рисунков, 10 таблиц, список использованных источников, стандартов и нормативных документов из 86 наименований, 3 приложения.