

## **ОБЗОР РАЗРАБОТОК НИЛ «ДИАГНОСТИКА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА» СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

### ***Владимир Васильевич Щербаков***

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой инженерной геодезии, тел. (913)912-86-91, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Алексей Владимирович Конкин***

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, кандидат технических наук, доцент, тел. (913)911-79-36, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Ангелина Александровна Земерова***

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, аспирант, тел. (923)223-52-33, e-mail: angelina\_406@mail.ru

В статье выполнен обзор наиболее значимых разработок НИЛ «Диагностики дорожных одежд и земляного полотна» за последние 15 лет. Приборы для высокоточных измерений криволинейных расстояний для определения длины рельсовых плетей на РСП в процессе их изготовления, приборы для определения геометрии рельсовой колеи, лазерного сканирования железных дорог, САУ-3Д для автогрейдера, электробалластера, выправочно-подбивочно-рихтовочных и щебнеочистительных машин, железнодорожный навигатор и приборы для определения ровности на автомобильных дорогах. Приведены общие сведения о каждой разработке, показаны конструктивные особенности, назначение разработки, сведения о патентах и метрологической аттестации. Также приведены сведения о выполняемых в настоящее время исследованиях по применению беспилотных летательных аппаратов для контроля капитального ремонта железнодорожного пути.

**Ключевые слова:** приборы для измерений на железной дороге, геометрические параметры железнодорожного пути.

## **REVIEW OF THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC RESEARCH LABORATORY «DIAGNOSTICS OF ROAD CLOTHES AND EARTHWEARS» OF SIBERIAN STATE UNIVERSITY OF MESSAGES**

### ***Vladimir V. Shcherbakov***

Siberian Transport University, 191, Dusi Kovalchuk St., Novosibirsk, 630049, Russia, Ph. D., Associate Professor, Head of Department of Engineering Geodesy, phone: (913)912-86-91, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Alexey V. Konkin***

Siberian Transport University, 191, Dusi Kovalchuk St., Novosibirsk, 630049, Russia, Ph. D., Associate Professor, phone: (913)912-86-91, e-mail: vvs@stu.ru

**Angelina A. Zemerova**

Siberian Transport University, 191, Dusi Kovalchuk St., Novosibirsk, 630049, Russia, Ph. D. Student, phone: (923)223-52-33, e-mail: skomyagin@mail.ru

The article provides an overview of the most significant developments of the Scientific Research Laboratory "Diagnostics of pavements and road bed" over the past 15 years. Instruments for high-precision measurements of curvilinear distances to determine the length of rail lashes on the ESP in the process of their manufacture, instruments for determining the geometry of the rail track, laser scanning of railways, SAU-3D for the motor grader, electric bollard, straightening-tamping-trimming and crushed-stone cleaning machines, rail navigator and devices for determining the evenness on the roads. The general information on each development is given, the design features, the purpose of the development, information on patents and metrological certification are shown. It also provides information on the ongoing research on the use of unmanned aerial vehicles to monitor the overhaul of the railway track.

**Key words:** instruments for measurements on the railway, the geometric parameters of the railway track.

### *Введение*

Железная дорога для геодезии является локомотивом развития, начиная с постройки первой в России Царскосельской железной дороги общественного пользования 30.10.1837 г., и до настоящего времени. Очевидно, есть и обратная связь уровня развития геодезии, включая средства измерений, методы и технологии геодезического обеспечения строительных процессов на развитие железнодорожной инфраструктуры. Разнообразие задач решаемых на железной дороге, в том числе требующих уникальных измерений, геодезического обеспечения строительства и эксплуатации железных дорог, обуславливает поиск новых решений, создание не стандартных, уникальных и специальных приборов. Например, использование геодезических методов и приборов для определения качества уплотнения балласта и его стабилизации в процессе ремонта, применение БПЛА и аэрофотосъемки для контроля качества ремонта железных дорог.

Этой проблемой и занимается НИЛ «Диагностика дорожных одежд и земляного полотна» (ДДОиЗП), созданная в СГУПС в 1997 г. в составе Научно-инженерного дорожного центра СГУПС. С 2002 г. НИЛ ДДОиЗП выполняет исследования по железнодорожной тематике, в основном это разработки оборудования и приборов, которые нельзя приобрести и пользоваться, как например нивелир или тахеометр.

Всего с 2002 г. разработано более 20 средств измерений от самых простых до сложнейших систем автоматизированного управления (САУ). Многие из них нашли широкое применение, некоторые изготовлены в количестве от 10 до 20 единиц, есть и приборы, которые изготовлены в 1 экз, которые прошли метрологическую аттестацию и эксплуатируются на железной дороге. Остановимся на нескольких принципиальных разработках, имеющих важное практическое значение для обеспечения инфраструктуры железных дорог.

Рассмотрим разработки, внедренные ОАО «РЖД» или ППЖТ.

## *Методы и материалы*

Система технологического контроля рельсосварочного производства (СТК-РП). Необходимость в данной разработке заключалась в том, что на рельсосварочных заводах для бесстыкового пути изготавливались плети длиной до 800 м, при этом в процессе сварки необходимо контролировать длину плети и ее температуру. Сложность заключается в том, что длину плети необходимо измерять с погрешностью  $\pm 5$  см, приведенную к температуре  $+20$  °С. Учитывая, что плеть не является прямой, геодезические методы в виде тахеометров и других приборов, как показали детальные исследования, не могут быть использованы. Разность прямой и криволинейного расстояния плети достигает 2–5 м.

СТК-РП [1] (рис. 1), включающая мерное колесо с системой магнитов и опорных дисков с двухточечным контактом в поперечном сечении, обеспечивает за счет распределения магнитного поля очистку головки рельса от пыли, что позволяет стабилизировать диаметр колеса и жесткое сцепление с рельсом. Криволинейные расстояния измеряются с предельной погрешностью  $\pm 5$  см, температура измеряется с точностью  $0,1$  °С лазерным датчиком. Полученные данные используются для пересчета длины плети на номинальную температуру на 1 км (Свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.C.27.007.A № 25590).



Рис. 1. Система технологического контроля рельсосварочного производства

СТК-РП (3 шт.) установлены на РСП-29 (ст. Промышленная), в Казахстане (Курорт Боровое) – 2 шт. В настоящее время имеются заказы на СТК-РП в России и Казахстане. Приборы надежно и эффективно работают на РСП-29 с 2006 г.

Главный эффект от применения СТК-РП контроль длины в технологическом процессе и сокращение резок рельсов в поле при проведении ремонта.

Одной из разработок НИЛ ДДОиЗП, выполненных по заданию ЗСЖД, является контроль коротких неровностей, волнообразного износа рельсов. Создано несколько типов приборов, один из которых (АПК «Волна»), предназначен для дооснащения путеобследовательских станций ЦНИИ-4. Назначение АПК «Волна», контроль качества шлифовки рельсов. Принцип работы заключается в измерении микропрофиля головки рельса с использованием электромагнитных датчиков и пространственной привязки данных ГНСС. Разработка выполнена в 2005 г. для центра диагностики пути ЗСЖД и установлена на ЦНИИ-4. На рис. 2 показана система контроля волнообразного износа рельсов.



Рис. 2. АПК «Волна»:

1 – бортовой компьютер; 2 – контроллер; 3 – электромагнитный датчик; 4 – спутниковый приемник с антенной

Точность измерения амплитуды коротких неровностей – 0,1 мм, длины неровности – до 1 см.

При выполнении геодезической съемки перегонов, станционных путей одной из проблем является получение пространственных данных и геометрических параметров (рихтовка, просадка, уровень, шаблон), а также характеристик и параметров кривых. Пространственные данные в настоящее время обеспечивает геодезическая съемка, а геометрические параметры – вагоны-путеизмерители. Геодезические методы не используются из-за высокой трудоемкости («шаг» съемки 10–30 см) для определения геометрических параметров. Для решения данной задачи разработан АПК «Профиль», который позволяет определять пространственные данные и геометрические параметры в стандартах

ОАО «РЖД». Устройство включает (рис. 3) инерциальную систему (разработка СГУПС), приемник ГНСС, ходовую тележку, компьютер портативный [2]. Прибор сертифицирован и внесен в реестр средств измерения.



Рис. 3. Аппаратно-программный комплекс (АПК) «Профиль»

Для решения задач геодезического обеспечения капитальных ремонтов и реконструкции железных дорог разработан АПК «Профиль-М», обеспечивающий определение пространственных данных и геометрических параметров для создания цифровых моделей пути (ЦМП) и цифровых проектов (ЦП) на участок строительства (ремонта). На рис. 4 показан общий вид АПК «Профиль-М» [3].



Рис. 4. Аппаратно-программный комплекс (АПК) «Профиль-М»



Лазерные сканеры «Сканпуть [4] разработаны для ИЦ «Ямал» (свидетельство RU.E.27.007.A №45843) и предназначены для проектно-изыскательских работ для ремонта и реконструкции железной дороги Лобитнанги – Бованенково.



Рис. 5. АПК «Сканпуть»

Лазерный сканер АПК «Сканпуть-М» является развитием АПК «Сканпуть» с более высокими техническими характеристиками.



Рис. 6. АПК «Сканпуть-М»

Наиболее эффективными разработками НИЛ ДДОиЗП являются системы автоматизированного управления (САУ) строительной техникой для щебнеочистительных машин (ЩОМ), электробалластера (ЭЛБ) и выправочно-подбивочно-рихтовочных машин (ВПО), выполненные по заданию Центральной дирекции по ремонту пути ОАО «РЖД».

САУ для железных дорог отличаются от автодорожной строительной техники конструктивными особенностями, принципом работы и устройством, включающим системы редуцирования, контроля положения подъемно-рихтовочного устройства (ПРУ) относительно фазового центра спутниковых антенн. Для ЩОМ и РМ 2002 разработана система контроля, включающая спутниковый двух антенный приемник с троссо-хордовой системой контроля изменения пространственного положения баровой цепи [5]. Троссо-хордовая система позволяет перемещать антенну в вертикальном направлении в соответствии с изменением глубины вырезки балласта. Это связано с тем, что рабочие органы машины находятся на глубине 80 см, под слоем щебня относительно головки рельса, а спутниковые антенны в верхней части рамы с обеспеченной радиовидимостью на навигационные спутники. Передаточным звеном между рабочими органами и антеннами является троссо-хордовая система.

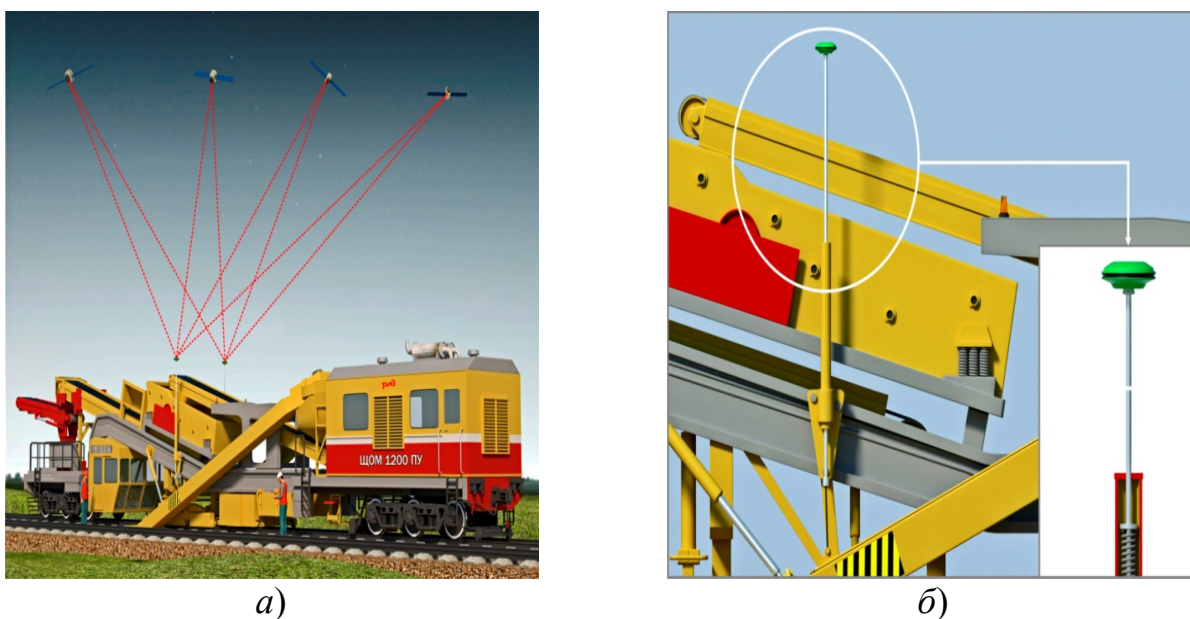
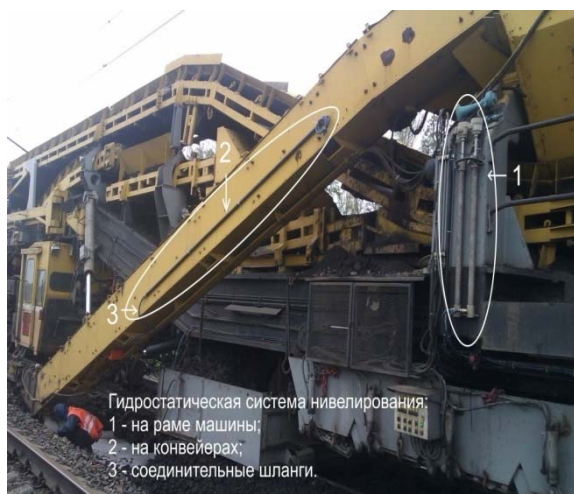
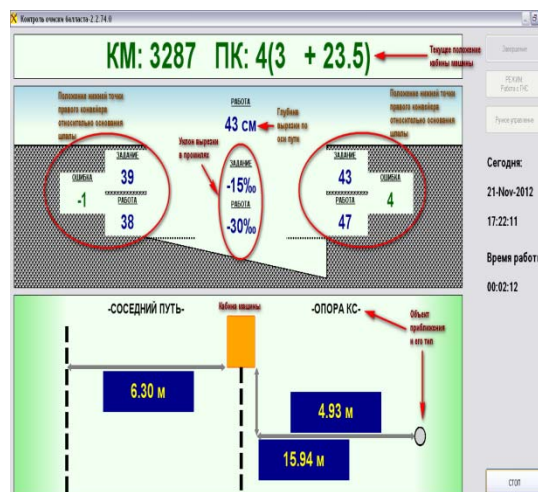


Рис. 7. Общий вид щебнеочистительной машины оборудованной САУ-3Д (а) и устройство троссо-хордовой системы (б)

Для контроля геометрических параметров вырезки балласта ЩОМ 1200, разработана конструкция, включающая гидростатическую систему для определения превышения между низом базовой цепи (рабочий орган ЩОМ) и фазовым центром спутниковой антенны [6]. Общий вид приведен на рис. 8.



а)



б)

Рис. 8. ЩОМ 1200, оборудованный САУ-3Д:

а) гидростатическая система нивелирования; б) окно оператора ЩОМ

Для постановки пути в проектное положение электробалластером разработана САУ-3Д [7, 8]. Общий вид САУ-3Д приведен на рис. 9.

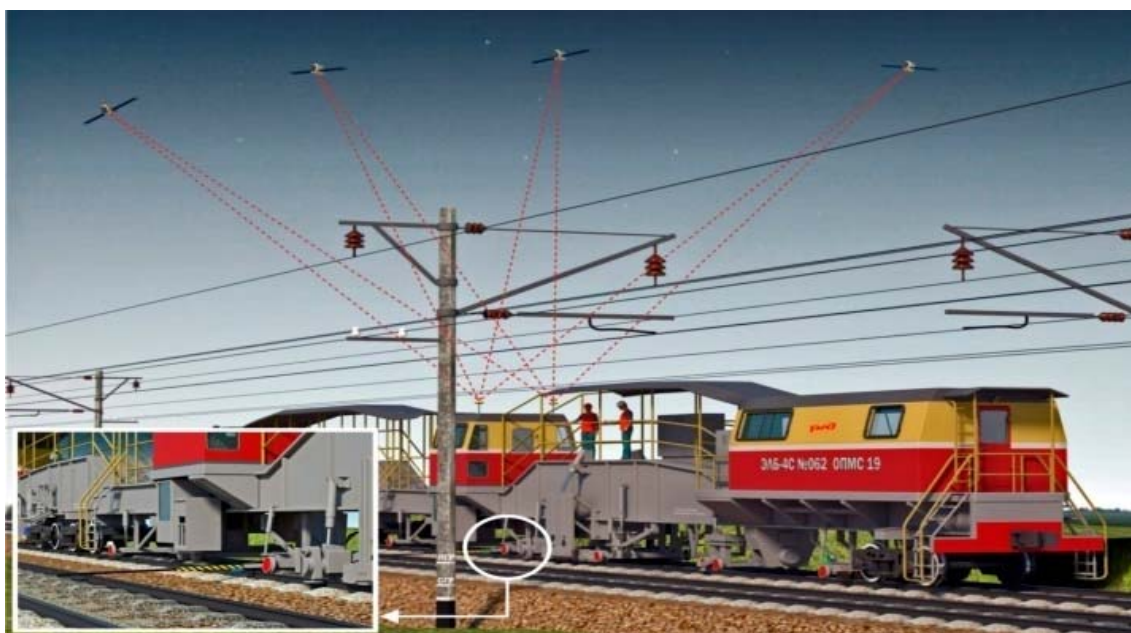


Рис. 9. Электробалластер, оборудованный САУ-3Д (ГНСС)

Главным преимуществом САУ-3Д является возможность работать без разбивочной геодезической основы. САУ-3Д поставлены в ПМС-20, ОПМС-19, ПМС-177, ПМС-216, ПМС-11, ПМС-22. Аналогичные по принципу работы и функциональным возможностям САУ-3Д созданы для ВПО 3-3000 [9, 10]. Отличие заключается в конструктивных особенностях машины ВПО.





Рис. 10. ВПО 3-3000, оборудованный САУ-3Д (блок согласования и управления САУ ВПО)

САУ-3Д разработано также для автогрейдера. Особенностью и основным отличием является цифровой проект, который не использует проектные поверхности.

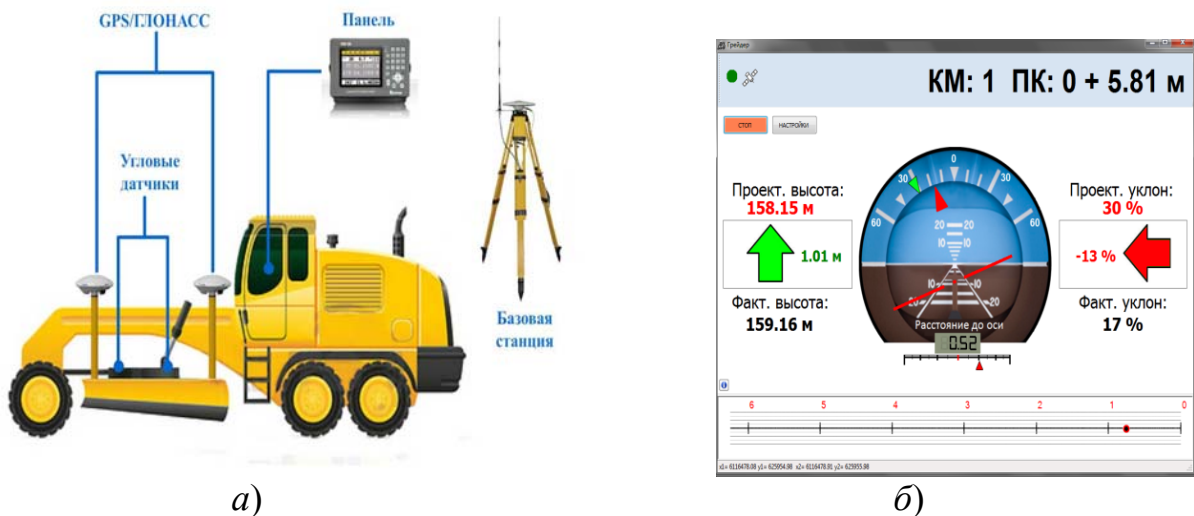


Рис. 11. Автогрейдер, оборудованный САУ-3Д:  
а) общий вид САУ-3Д; б) окно оператора автогрейдера

Контроль цифровых проектов (ЦП) выполняется для САУ-3Д до начала работ. Для этого разработан железнодорожный навигатор [11].

Прибор представляет собой планшет, в котором установлено программное обеспечение для контроля ЦП. Общий вид железнодорожного навигатора показан на рис. 12. Прибор входит в комплект дорожных мастеров ПМС.



Рис. 12. Железнодорожный навигатор

Для приемки в эксплуатацию автомобильных дорог разработан прибор УДК «Ровность», который поставляется по всей России (Москва, Новосибирск, Барнаул, Красноярск, Иркутск) в дорожные организации, в основном Федеральные управления дорог. На рис. 13 показан общий вид УДК «Ровность».



Рис. 13. УДК Ровность

### *Заключение*

В настоящее время ведутся исследования по использованию БПЛА для контроля качества ремонта. Результаты опытных работ в 2018 г. показали возможность применения БПЛА для контроля габаритов приближения строений, создания поперечных профилей, создания паспорта переезда и решения других задач.

Разрабатывается на базе двух антенных приемников ГНСС (заявка на изобретение № 2018145291 (075676) «Система контроля качества уплотнения бал-

ластного слоя рельсового пути»). Система успешно прошла предварительные испытания и в 2019 году будет принято решение о ее внедрении на сети железных дорог ОАО «РЖД». В данной работе рассмотрены только приборы, и системы управления, созданные на базе геодезических методов, авторы в дальнейшем в таком же формате рассмотрят технологии, способы и методы геодезического обеспечения железных и автомобильных дорог.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2290603 Российская Федерация. МПК 51 G 01 В 7/04 Устройство для измерения длины изделий из ферромагнитных материалов / СГУПС; заявитель и патентообладатель В. В. Щербаков. – 2005111811/28; заявл. 20.04.2005; опубл. 20.04.2005.

2. Пат. 2261302 Российская Федерация. МПК 51 Е 01 В 35/00 Способ определения пространственных параметров рельсового пути и устройство для его осуществления / В. В. Щербаков, В. М. Круглов, И. И. Козытник, А. В. Демура; заявитель и патентообладатель В. В. Щербаков. – 200311110/11; заявл. 20.10.2004; опубл. 27.09.2005.

3. Пат. 2628541 Российская Федерация. Способ определения пространственных координат и геометрических параметров рельсового пути и устройство для его осуществления / В. В. Щербаков, И. В. Щербаков, И. А. Бунцев. – инв. 2016106560, заяв. 24.02.2016, опубл. 18.08.2017.

4. Пат. 116862 Российская Федерация. МПК 51 Е 01 В 35/00 В61К 9/08 Устройство для определения пространственных параметров инфраструктуры железной дороги / В. В. Щербаков, В. Д. Верескун, В. А. Герасимов, А. Н. Модестов, А. С. Тараканов; заявитель и патентообладатель СГУПС – 2011150328/11; заявл. 14.06.2011; опубл. 10.06.2012.

5. Пат. 187173 Российская Федерация. МПК 51 Е 01 В 27/10 Щебнеочистительная машина / В. В. Щербаков, А. И. Пименов, И. А. Бунцев, И. В. Щербаков; заявитель и патентообладатель В. В. Щербаков, заказ 2018128963 6.08.2018 г, опубликовано 22.02.2019 г.

6. Пат. 126011 Российская Федерация. МПК 51 Е01В 27/10. Щебнеочистительная машина / В. В. Щербаков, А. Н. Модестов; заявитель и патентообладатель СГУПС – 2012124581; заявл. 14.06.2011; опубл. 10.06.2012.

7. Пат. 112209 Российская Федерация. МПК 51 Е 01 В 35/00 Путевая машина / В. В. Щербаков, А. Н. Модестов, В. Д. Верескун, А. С. Пикалов; заявитель и патентообладатель СГУПС – 2011133389/11; заявл. 09.08.2011; опубл. 10.01.2012.

8. Пат. 2454498 Российская Федерация. МПК 51 Е 01 В 29/04 Е01В31/02 Система для управления выправкой железнодорожного пути / В. В. Щербаков, С. В. Духин, А. Н. Модестов, А. В. Нуйкин; заявитель и патентообладатель СГУПС – 2011104400/11; заявл. 08.02.2011; опубл. 27.06.2012.

9. Пат. 147033 Российская Федерация. RUU 1МПК Е 01 В 29/04 Система для управления выправкой железнодорожного пути / В. В. Щербаков, А. И. Пименов, А. Н. Модестов, И. В. Щербаков, И. А. Бунцев, В. П. Славкин; заявитель и патентообладатель В. В. Щербаков. – 2014120965; заявл. 23.05.2014; опубл. 24.09.2014, Бюл. № 30. – 8 с.

10. Пат. 136048 Российская Федерация. RUU 1МПК Е 01 В 29/04. Устройство для выправки железнодорожного пути и способ выправки железнодорожного пути / В. В. Щербаков, И. В. Щербаков, А. Н. Модестов, И. А. Бунцев, В. П. Славкин; заявитель и патентообладатель В. В. Щербаков. – 2013134278; заявл. 22.07.2013; опубл. 27.12.2013, Бюл. № 36. – 10 с.

11. Пат. 151873 Российская Федерация. RUU 1МПК G 01 С 21/00. Устройство для спутниковой навигации подвижного объекта железнодорожного транспорта / В. В. Щербаков, И. А. Бунцев, И. В. Щербаков; заявитель и патентообладатель В. В. Щербаков. – 2014134543; заявл. 22.08.2014; опубл. 26.03.2015, Бюл. № 11. – 7 с.

© В. В. Щербаков, А. В. Конкин, А. А. Земерова, 2019