

А.Г. Баклаженко<sup>1</sup>, В.А. Лемехова<sup>1</sup>, С.Н. Афанасенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Российская Федерация

<sup>2</sup>ООО «Забтранспроект», г. Чита, Российская Федерация

## СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

**Аннотация.** В статье выполнен анализ современной системы диагностики земляного полотна, основанной на применении традиционных методов, а также передвижных диагностических комплексов.

**Ключевые слова:** железная дорога, продольный профиль, земляное полотно, деформации.

A.G. Baclazhenko<sup>1</sup>, V.A. Lemehova<sup>1</sup>, S.N. Afanasenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zabaikal Institute of Railway Transport, Chita, the Russian Federation

<sup>2</sup>Limited liability company «Zabtransproekt», Chita, Russian Federation

## SYSTEM OF DIAGNOSTICS OF THE ROADBED

**Abstract.** The article analyzes the modern system of diagnostics of the roadbed, based on the use of traditional methods, as well as mobile diagnostic complexes.

**Keywords:** railway, profile elevation, roadbed, deformations.

### Введение

На железных дорогах Российской Федерации ежегодно происходит большое количество деформаций, нарушающих работу железных дорог и угрожающих безопасности движения поездов. Требуется значительное количество ресурсов и времени на устранение деформаций. Планомерное и гармоничное развитие железной дороги невозможно без устойчивой работы всех её элементов [1]. Поэтому решением проблемы обеспечения необходимой надежности земляного полотна может быть только организация системы диагностики и мониторинга земляного полотна.

При диагностике пути выделяют наиболее значимые вопросы:

- состояние, в котором объект находится в настоящее время;
- состояние, в котором объект будет находиться в некоторый момент времени;
- состояние, в котором объект находился в некоторый момент времени в прошлом.

Диагностические исследования земляного полотна и эксплуатационных условий разделяются в зависимости от категории состояния конструкции (рис. 1). Выделяют детальные, рекогносцировочные (предварительные) и режимные обследования. Детальная диагностика производится на объектах с обнаруженными деформациями или их явными признаками. Целью такого вида диагностики служит получение исходных данных для разработки плана мероприятий по усилению земляного полотна. Рекогносцировочное обследование производится с целью предварительной оценки состояния объекта и определения необходимости его дальнейшей диагностики. Периодически в процессе эксплуатации пути для выявления подвергшихся деформации участков проводится режимная диагностика объекта (мониторинг его технического состояния), а также определяется очередность и сроки выполнения ремонтных работ. Также в системе диагностики используются разработанные специально передвижные диагностические лаборатории.

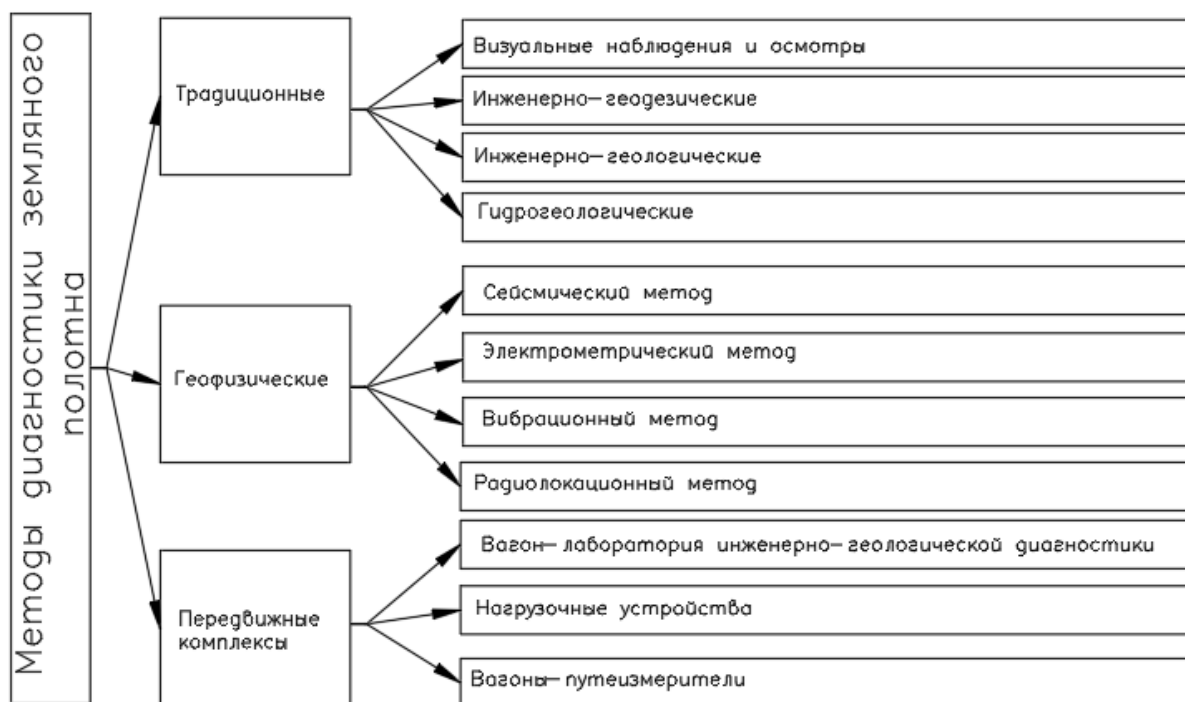


Рис. 1. Классификация методов диагностики земляного полотна

Традиционные методы в составе содержат эксплуатационные наблюдения, геодезические методы, инженерно-геологические методы. Все вышеперечисленные методы определяют строение и состояние грунтов земляного полотна [2].

#### Современное состояние методов диагностики земляного полотна

Основу современной системы диагностики образуют геофизические методы, строятся на изучении закономерностей изменения физических полей в грунтах земляного полотна в зависимости от их распространения, свойств и состояния. Принципиальное отличие геофизических методов заключается в следующем: возбуждение физических полей в земляном полотне → приём и преобразование ответных сигналов → регистрация сигналов измерительными приборами → обработка полученной информации → прочтение и инженерно-геологическое истолкование результатов диагностики. Как правило, геофизические методы применяются совместно с небольшими объёмами контрольного бурения (обычно 10-15% от общего объёма бурения). Контрольное бурение необходимо для наиболее точного прочтения и получения подлинного геологического истолкования данных. Далее приведена краткая характеристика геофизических методов, которые применяются при диагностике земляного полотна.

Сейсмический метод позволяет решать подавляющее большинство задач, которые встречаются при всех видах диагностических исследований земляного полотна. Среди большого количества решаемых задач, детально исследуется внутреннее строение земляного полотна, определяются водонасыщенные зоны в насыпях и уровни грунтовых вод в их основании. Выполняется оценка показателей свойств грунта и определение ослабленных по прочности зон в насыпях, обследование земляного полотна, эксплуатируемого в сложных инженерно-геологических условиях. Сейсмотомографические разрезы позволяют по скоростям распространения продольных и поперечных волн, с достаточно высокой детальностью оценить строение насыпи. Недостаток этого метода — трудоемкая технология полевых работ. Технологии сейсмического метода практически никак не реагируют на изменение влажности грунтов. Для более надежной интерпретации данных полученных таким методом необходимо иметь представление о геологическом строении объекта.

Электрометрический метод основан на изучении сопротивления различных грунтов проходящему через них электрическому току. Физической основой для применения электрометрического метода является зависимость сопротивления от состава, свойств и состоя-

ния различных грунтов. Наиболее широко распространенные схемы наблюдений: вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) и электропрофилирование (ЭП). Метод позволяет выявлять деформации основной площадки в виде балластных углублений и увлажненных зон грунта; оценивать величину осадки насыпи на болотах; определять карстовые полости; выявлять границы мерзлых грунтов в теле насыпей и их основании, а также решать ряд других не менее важных задач. При использовании метода ЭДЗ получают данные о прочностных характеристиках грунта, до глубины 5-7 м, а также литологический разрез земляного полотна.

Вибрационный метод базируется на измерении колебаний грунта под воздействием поездов. Каждому состоянию эксплуатируемой насыпи соответствует группа признаков, проявляющихся в виде различных параметров колебаний. В результате исследований на эталонных объектах земляного полотна разработана классификация диагностических признаков для различных видов деформаций. Оценка динамического состояния насыпи, во время воздействия на нее подвижного состава, является существенным преимуществом этого метода.

Радиолокационный метод основывается на использовании коротких электромагнитных сигналов, излучаемых радиопередатчиком. Электромагнитные сигналы, проникают через передающую антенну в грунт и отражаются от слоев грунта, имеющих различные электромагнитные свойства, сигналы с информацией о состоянии среды улавливаются приемной антенной. При таком методе используется радиолокационный комплекс «Геодефектоскоп», который перемещается по рельсовому пути. Измерительный комплекс «Геодефектоскоп» предназначен для оценки состояния верхней части земляного полотна на глубинах 1,5 – 2 м с привязкой к определенным пикетам. Радиолокационным методом решаются такие задачи как: определение границ промерзания и оттаивания грунта, выделение участков с балластными выплесками, выявление балластных углублений в основной площадке и др. Измерения выполняются непрерывно по длине пути со скоростью передвижения оператора 3-4 км/ч.

Преимущества и недостатки изложенных выше геофизических методов приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Классификация геофизических методов диагностики земляного полотна**

Метод	Плюсы	Минусы
Электродинамическое зондирование	Позволяет получать не только литологический разрез земляного полотна, но и данные о прочностных характеристиках песчано-глинистых грунтов до глубины порядка 5-7 м.	Точность определения границ грунтов различного состояния в 2-3 раза ниже чем в методе электроконтактного зондирования.
Радиолокационный метод	Не требуется контакта антенн с поверхностью грунта, поэтому оно может выполняться с передвижных единиц, что обеспечивает скоростную диагностику протяженных участков земляного полотна.	Радиолокационный метод фиксирует только конфигурацию отражающих электромагнитный сигнал границ грунтов без определения их физико-механических свойств. Результатом наблюдений является радарограмма, представляющая собой непрерывный временной разрез толщи грунтов вдоль профиля съемки.
Сейсмический метод	Сейсмотомографические разрезы позволяют по скоростям распространения продольных и поперечных волн, с достаточно высокой детальностью оценить строение насыпи.	Трудоемкая технология полевых работ. Технологии сейсмического метода практически никак не реагируют на изменение влажности грунтов.
Вибрационный метод	Оценка динамического состояния насыпи, во время воздействия на неё подвижного состава.	Зависимость параметров вибрации от большого количества факторов и сложность выделения вибрационного сигнала обусловленного наличием деформации.

При обследовании объекта земляного полотна на стадии рекогносцировочной диагностике также используются методы инженерного анализа и компьютерной обработки полученных данных. Применяется технология испытаний передвижными специальными комплексами с эталонными нагрузками (НПФ «Спецмаш» - ЛИГО). Комплексы дают возмож-

ность оценить качество подрельсового основания и выделить потенциально опасные участки, на которых необходимо организовать детальные диагностические исследования.

В настоящее время на железных дорогах России разработан диагностический комплекс - вагон-лаборатория по инженерно-геологическому обследованию земляного полотна (ВИ-ГО). В опытном порядке используются различные конструкции передвижных нагрузочных комплексов (НПК). Принципиальное различие между конструкциями НПК состоит в характере нагружения рельсовых нитей.

Научно обосновать очередность и установить сроки выполнения ремонта и усиления земляного полотна позволяет современная система диагностики земляного полотна. Данная система обеспечит безопасность и бесперебойность движения поездов, что достигается своевременным выявлением поврежденных участков, при этом на железнодорожном пути созданы безопасные условия работы для персонала, так как при применении большинства таких методов организовано применение портативной переносной аппаратуры, а измерения выполняются за пределами габарита приближения строения [3].

#### **Заключение**

Проблема обеспечения необходимой надёжности земляного полотна может быть решена только организацией системы мониторинга земляного полотна на сети железных дорог России. При применении только традиционных методов и существующих темпах их использования, задача своевременного выявления опасных для движения поездов участков земляного полотна не может быть решена в ближайшее время.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Быков Ю.А., Кирпичников К.А. Прогнозирование параметров технической эффективности железнодорожного полигона // Мир транспорта. 2004. Т. 2. №4(8). С. 16-21.
2. Непомнящих Е.В., Кирпичников К.А. Диагностика состояния железнодорожного пути. Учебное пособие по выполнению лабораторных работ для студентов 2 и 4 курса очной и заочной форм обучения специальности 271501 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» / Чита, 2012.
3. Непомнящих Е.В., Ключков Я.В., Афанасенко С.Н., Кирпичников К.А., Евсеева Ю.В. Анализ элементов бесстыкового пути в сложных условиях забайкальской железной дороги // В сборнике: Организация безопасности на транспорте / Межвузовский сборник научно-методических трудов. Забайкальский институт железнодорожного транспорта. Чита, 2015. С. 229-235.

### **REFERENCES**

1. Bykov Yu. A., Kirpichnikov K.A. *Prognozirovanie parametrov tekhnicheskoi effektivnosti zheleznodorozhnogo poligona* [Forecasting parameters of technical efficiency of the railway polygon]. *Mir transporta* [World of transport], 2004, Vol. 2, No. 4(8), pp. 16-21.
2. Nepomnyashchikh E. V., Kirpichnikov K.A. *Diagnostika sostoyaniya zheleznodorozhnogo puti* [Diagnostics of railway track condition]. *Uchebnoe posobie po vypolneniyu laboratornyh rabot dlya studentov 2 i 4 kursa ochnoi i zaochnoi form obychniya spetsial'nosti 271501 «Stroitel'stvo zhelezhnyh dorog, mostov i yransportnyh tonnelei»* / Chita, 2012.
3. Nepomnyashchikh E.V., Klochkov Ya.V., Afanasenko S.N., Kirpichnikov K.A., Evseeva Yu. V. *Analiz elementov besstykovogo puti v slozhnykh usloviyakh Zabaikal'skoy zheleznoy dorogi* [Analysis of elements of a joint-free way in difficult conditions of the TRANS-Baikal railway]. *V sbornike: Organizatsiya bezopasnosti na transporte* [In the collection: Organization of transport security] / Intercollegiate collection of scientific and methodological works. Zabaikalskij Institute of railway transport. Chita, 2015. pp. 229-235.

### **Информация об авторах**

*Баклаженко Александра Георгиевна* – студентка 5-го курса специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: shurka.baclazhenko@yandex.ru.

*Лемехова Валентина Анатольевна* – старший преподаватель кафедры «Строительство железных дорог», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: lemva@mail.ru.

*Афанасенко Сергей Николаевич* – главный инженер, ООО «Забтранспроект», г.Чита, e-mail: afanasenko.s.n@mail.ru.

### **Authors**

*Aleksandra Georgievna Baclazhenko* - 5th year student of the specialty "Construction of Railways, Bridges and Transport Tunnels", Zabaikal Institute of Railway Transport, Chita, e-mail: shurka.baclazhenko@yandex.ru.

*Valentina Anatol'evna Lemehova* - senior lecturer of the department "Construction of Railways", Zabaikal Institute of Railway Transport, Chita, e-mail: lemva@mail.ru,

*Sergei Nikolaevich Afanasenko* - principal engineer LLC «Zabtransproect» e-mail: afanasenko.s.n@mail.ru

### **Для цитирования**

Баклаженко А.Г. Система диагностики земляного полотна [Электронный ресурс] / А.Г. Баклаженко, В.А. Лемехова, С.Н. Афанасенко // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2020. – №3. – Режим доступа: <http://mnpv.irgups.ru/toma/28-20>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 20.05.2020)

### **For citation**

Baclazhenko A.G., Lemehova V.A., Afanasenko S.N. *Sistema diagnostiki zemlyanogo polotna* [System of diagnostics of the roadbed] [Electronic resource] / *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2020, no. 3. [Accessed 20/05/20]