

В. Л. Шаповалов, В. В. Архипов, А. Г. Кочур, А. В. Морозов, М. В. Окост

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БАЛЛАСТНОГО МАТЕРИАЛА НА МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦИИ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО БАЛЛАСТНОГО СЛОЯ*

Аннотация. Описываются полевые экспериментальные исследования балластного слоя прямыми методами для определения свойств материала и определения модуля деформации динамическими испытаниями от действия ударной силы через крутлый штамп с использованием прибора ZORN ZFG 3.0, которые проводились на действующих участках железнодорожного пути. В качестве натурных участков выбраны перегоны с различной засоренностью и пропущенным тоннажем, а также участок пути грузового двора, где длительное время не выполнялась очистка балластного слоя. По результатам проведенных исследований определены взаимосвязи между истираемостью щебня, сопротивлением щебня удару на копре и засоренностью балластного слоя, а также получены зависимости между засоренностью балластного слоя и модулем деформации.

Ключевые слова: балластный слой, засорённость, модуль деформации, истираемость.

Для цитирования: Влияние характеристик балластного материала на модуль деформации эксплуатируемого балластного слоя / В. Л. Шаповалов, В. В. Архипов, А. Г. Кочур [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1. – С. 45–54. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_1_45.

Введение

Балластный слой является элементом верхнего строения пути и выполняет ряд важных функций. Нарушение в его структуре и свойствах влияет на плавность хода поездов и может приводить к образованию деформаций основной площадки земляного полотна.

Непрерывный мониторинг его структуры в течение обслуживания и проведения надзора качества после проведенных строительных и путеремонтных работ даст возможность выйти на новый рациональный уровень формирования плана работ по текущему содержанию, объемам и видам ремонтных работ, а также своевременно выявить предотказное состояние пути.

Учитывая отечественный и зарубежный опыт, проблематика оценки фактического состояния балластного слоя при текущем содержании пути и при контроле качества выполненных работ имеет высокую актуальность.

Целью данного исследования является установление связи между засоренностью балластного слоя и модулем деформации, который является одной из характеристик балластного материала, влияющей на стабильность пути. Сдача в эксплуатацию железнодорожного пути с низкими значениями модуля деформации будет приводить к более интенсивным осадкам пути в начальный период времени после ремонта. При этом разброс значений вдоль пути приведет к неравномерным осадкам, что будет влиять на плавность хода, приведет к более активному износу элементов верхнего строения пути и будет провоцировать развитие дефектов земляного полотна.

Для экспериментальных полевых исследований были выбраны несколько участков железнодорожного пути с различными условиями эксплуатации. В 2022 и 2023 годах на полигоне Северо-Кавказской железной дороги в границах Шахтинской дистанции пути на четном пути перегона Зверевое – Сулин с 1086 км пк 4 по 1096 км пк 2 и на нечетном пути перегона Персиановка – Локомотивстрой с 1158 км пк 1 по 1164 км пк 5, в границах Ростовской дистанции пути на 6 пути грузового двора станции Ростов-Западный, нечетный путь перегона Морская – Синяевская с 1295 км пк 3 по 1303 км пк 0 + 00 и нечетный путь перегона Александровка – Кизитеринка с 1188 км пк 4 по 1199 км пк 0, в границах Кавказской дистанции пути однопутный участок перегона Ладожская – Двубратский с 56 км пк 2 + 00 по 65 км пк 5 + 00 и четный путь перегона Гулькевичи – Отрадо-Кубанская с 1599 км пк 2 по 1617 км пк 3 был проведен комплекс измерений. На рассматриваемых участках планировалось проведение ремонтных работ с приведением балластного слоя в нормативное состояние.

* Исследование выполнено при поддержке Федерального агентства железнодорожного транспорта (соглашение № 109-03-2024-007)

Путь на перегоне Звереве – Сулин относится к первому классу. Грузонапряженность составляет 94,1 млн ткм брутто/км в год. На участке обращаются: 62 пары грузовых, 68 пар пассажирских и 6 пар пригородных поездов с применением локомотивов ВЛ60К, 2ВЛ60К, ВЛ80С, К, Т, 1,5ВЛ80С, ЭП1(М), ЭП1П, ЭП20, ЧС4Т. На участке эксплуатируется бесстыковой путь из рельсов типа Р65 на железобетонных шпалах со скреплением АРС. Путь на перегоне Александровка – Кизитиринка относится к первому классу. Грузонапряженность составляет 67 млн ткм брутто/км в год. На участке обращаются 40 пар грузовых, 69 пар пассажирских и 7 пар пригородных поездов с применением локомотивов ЭП1(П, М), ЭП20, ЧС4Т, ВЛ80в/н, 1,5ВЛ80С, ВЛ80, 2ЭС5. На участке эксплуатируется бесстыковой путь из рельсов типа Р65 на железобетонных шпалах со скреплением КБ. Путь на перегоне Персиановка – Локомотивстрой относится ко второму классу. Грузонапряженность составляет 43,8 млн ткм брутто/км в год. На участке обращаются грузовые, пассажирские и пригородные поезда с применением локомотивов ЭП1(П, М), ЭП20, ЧС4Т, ВЛ80в/н, 1,5ВЛ80С, ВЛ80, 2ЭС5. На участке эксплуатируется бесстыковой путь из рельсов типа Р65 на железобетонных шпалах со скреплением КБ и АРС. Путь на перегоне Ладожская – Двубратский относится ко второму классу. Грузонапряженность составляет 27,18 млн ткм брутто/км в год. На участке обращаются грузовые, пассажирские и пригородные поезда с применением локомотивов ЭП1(П, М), ЭП20, ЧС4Т, ВЛ80в/н, 1,5ВЛ80С, ВЛ80. На участке эксплуатируется звеньевой путь из рельсов типа Р65 на железобетонных шпалах со скреплением КБ. Путь на перегоне Гулькевичи – Отрадо – Кубанская относится ко второму классу. Грузонапряженность составляет 35,22 млн ткм брутто/км в год. На участке обращаются грузовые, пассажирские и пригородные поезда с применением локомотивов ЭП1(П, М), ЭП20, ЧС4Т, ВЛ80в/н, 1,5ВЛ80С, ВЛ80. На участке эксплуатируется бесстыковой путь из рельсов типа Р65 на железобетонных шпалах со скреплением КБ. Путь на перегоне Морская – Синявская относится к 3 классу. Грузонапряженность составляет 16,92 млн ткм брутто/км в год. На участке обращаются грузовые, пассажирские и пригородные поезда с применением локомотивов ЭП1(П, М), ВЛ80в/н, 1,5ВЛ80С. На участке эксплуатируется бесстыковой путь из рельсов типа Р65 на железобетонных шпалах со скреплением ЖБР. 6 путь (интервал СП № 122 – тупик) и «вытяжка» 40 путь (интервал СП 122 – СП № 130) грузового двора ст. Ростов-Западный относится к 3 классу. Грузонапряженность составляет 16,92 млн ткм брутто/км в год. На путях обращается грузовой подвижной состав с применением локомотива ЧМЭ3. На участке эксплуатируется звеньевой путь из рельсов типа Р65 на железобетонных шпалах со скреплением АПб.

Основными характеристиками балластного слоя можно считать его геометрические параметры, в том числе толщину, засоренность (фракционный состав балласта) и деформационные (упругие) характеристики.

При проведении полевых измерений балластного слоя в данном исследовании применялось два диагностических метода. Определение толщины и загрязненности балластного слоя выполнено согласно Методическим указаниям по обследованию балласта № ЦПТ-16-77 [1]. Определение модуля деформации балластного слоя определялось динамическими испытаниями от действия ударной силы через круглый штамп с использованием прибора ZORN ZFG 3.0.

Прямой метод исследования свойств балластного слоя

Согласно ЦПТ-16-77 [1] определены места оценки толщины и засоренности балласта в количестве трех мест на одном километре (ПК 3, ПК 6 и километровый знак каждого исследуемого километра). Определение значений толщины и загрязненности балластного слоя также выполнено согласно ЦПТ-16-77 [1] (рис. 1).

Взаимосвязь между истираемостью щебня, сопротивлением щебня удару на копре и засоренностью балластного слоя

Накопление засорителя в балластном слое связано с несколькими основными факторами, которые определяются свойствами самого балластного материала и внешними факторами [2]. Основным свойством балласта является возможность щебня сопротивляться удару и истираемости. От значения этих параметров в значительной степени будет зависеть интенсивность накопления продуктов переработки щебня в процессе эксплуатации пути и работы подбивочных машин. В процессе эксплуатации балластный слой может дополнительно засоряться продуктами, перевозимыми по железнодорожному пути, пылеватыми частицами, переносимыми ветром, и вследствие процессов диффузии материала нижележащих слоев в балласт [3–5].



Рис. 1. Определение толщины и загрязненности балластного слоя

Для оценки связи между истираемостью, сопротивлением щебня удару и засоренностью балластного слоя проведена серия лабораторных тестов с анализом 271 пробы, которые были отобраны на действующих участках железнодорожного пути Северо-Кавказской железной дороги, расположенных в Ростовской области и Краснодарском крае (участки Звереве – Сулин, Гулькевичи – Отрадо – Кубанская, Персиановка – Локомотивстрой, Ладожская – Двубратский, Морская – Синявская, Александровка – Кизитеринка). Для каждой пробы был определен фракционный состав и засоренность, для 67 проб проведены испытания по определению сопротивления щебня удару на копке и истираемости по ГОСТ 7392-2014, ГОСТ 8269.0-97 [6–8].

Для учета на рассматриваемых участках пропущенного тоннажа в межремонтный период полученные значения засоренности приведены из расчета на 1 млн тонн брутто. В данной работе учитывались значения грузонапряженности на рассматриваемых участках и интервал времени эксплуатации пути между ремонтами. График зависимости приведен на рис. 2.

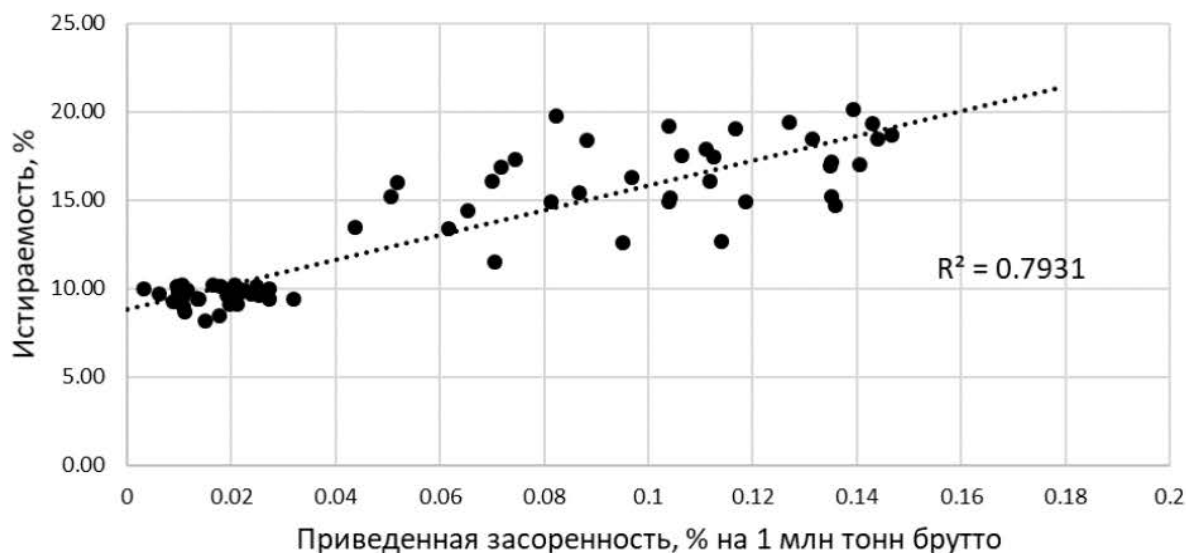


Рис. 2. Зависимость засоренности балластного слоя от истираемости щебня с учётом пропущенного тоннажа

Аналогичный график построен для зависимости засоренности балласта от сопротивления щебня удару на копке (рис. 3).

Линейная аппроксимация данных, в которых учтен пропущенный тоннаж, привела к увеличению коэффициента детерминации для зависимости засоренности от истираемости до 0,793 и уменьшению коэффициента детерминации для зависимости засоренности от сопротивления удару до 0,271.

Усреднение данных истираемости, сопротивления удару и засоренности на участках Звереве – Сулин, Гулькевичи – Отрадо-Кубанская, Персиановка – Локомотивстрой, Ладожская – Двубратский, Морская – Синявская, Александровка – Кизитеринка указаны точками и приводит к линейным зависимостям, приведенным на рис. 4 и 5, пунктирной линией.

Линейная аппроксимация по усредненным данным приводит к коэффициенту детерминации для зависимости засорённости от истираемости, равному 0,866, и для зависимости засоренности от сопротивления удару – 0,133.

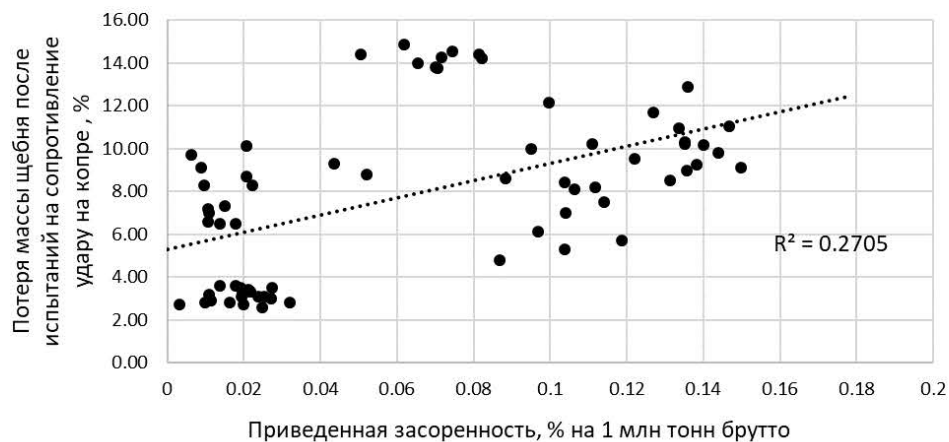


Рис. 3. Зависимость засоренности балластного слоя от сопротивления щебня удару на копре с учетом пропущенного тоннажа

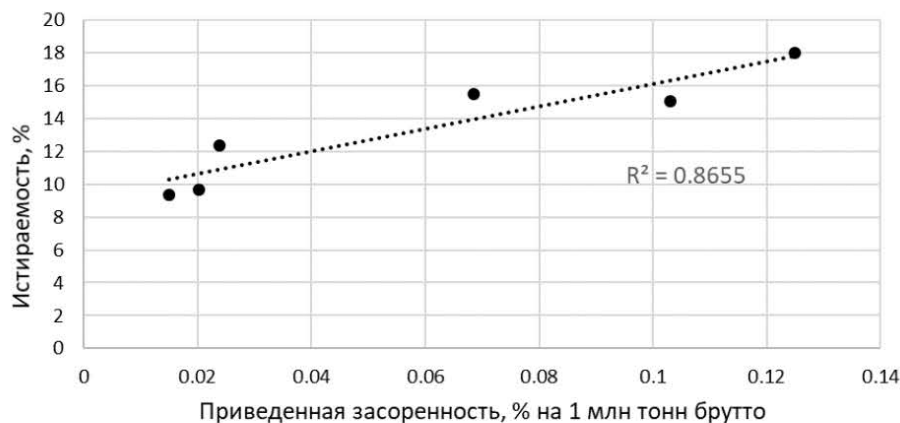


Рис. 4. Зависимость засорённости балласта от истираемости щебня, усреднённая по перегонам

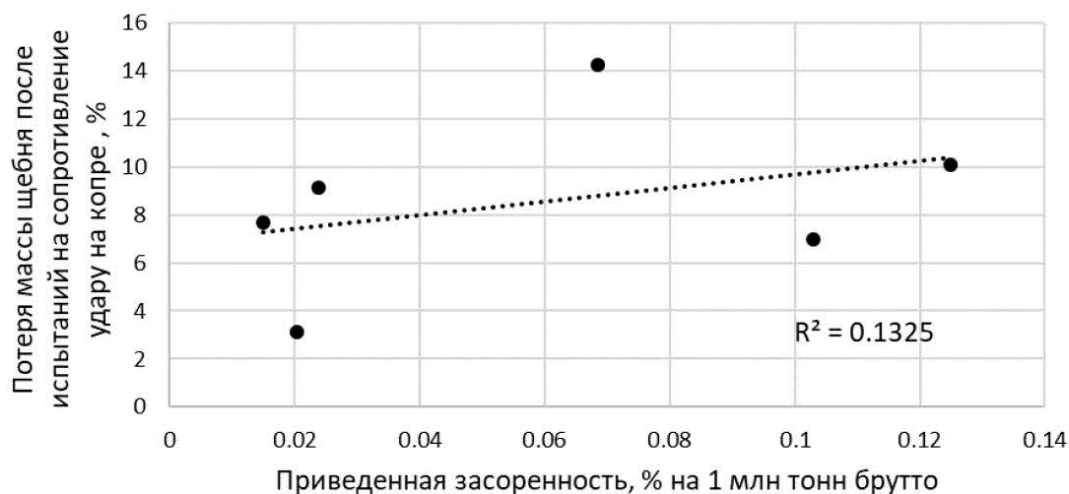


Рис. 5. Зависимость засоренности балластного слоя от сопротивления удару на копре, усредненная по перегонам

Модуль деформации

Определение значений динамического модуля деформации E_{vd} выполнялось с использованием прибора ZORN ZFG 3.0 в тех же местах, где определялась толщина и загрязненность балластного слоя (рис. 6).

Для уменьшения погрешности измерений в одной точке выполнялись три серии измерений с последующим усреднением полученных значений. Вместе с модулем деформации E_{vd} дополнительно определялись значения деформации S_m и коэффициент s/v , характеризующий возможность дальнейшего уплотнения балластного слоя. Как отмечено в инструкции [9] к прибору ZORN ZFG 3.0, если значение $s/v < 3,5$, то дальнейшее уплотнение невозможно, если $s/v > 3,5$, возможно последующее уплотнение грунта.



Рис. 6. Определение характеристики прочности и деформируемости балластного слоя

В результате проведенных измерений получены значения динамического модуля деформации. Используя зависимость (рис. 7), полученную из соотношений динамического E_{vd} и статического E_{v2} модуля деформации, приведенных в нормативных документах (выдержка из ZTVE-STB 09, исследовательское сообщество дорожно-транспортной службы (2009); выдержка из директивы № 836 «Deutsche Bahn AG» (от 20.12.1999), Техническая директива по проведению испытаний грунтов и скального грунта в дорожном строительстве TP BF-StB. Часть B 83), ГОСТ Р 59866-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Показатели деформативности конструктивных слоёв дорожной одежды из несвязных материалов и грунтов земляного полотна. Технические требования и методы определения» [10], можно перейти от полученных полевых измерений прибором ZORN ZFG 3.0 к статическим модулям деформации балластного слоя.

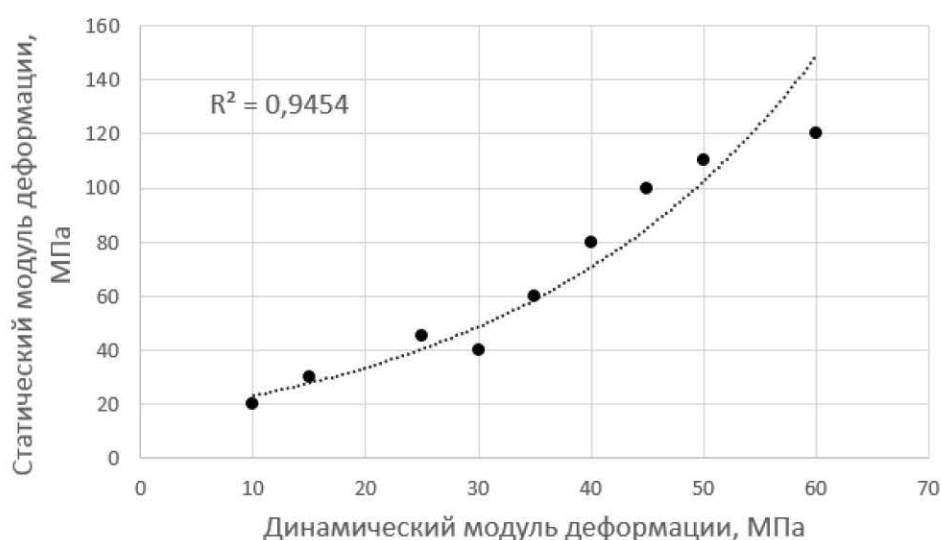


Рис. 7. Взаимосвязь статического и динамического модулей деформации

С учетом связи статического и динамического модулей деформации на рис. 8 и 9 приведены значения модулей на перегоне Звереве – Сулин и грузовом дворе ст. Ростов-Западный. Красными квад-

ратами показаны значения статических модулей деформации, черными точками – динамических модулей деформации, а прерывистыми кривыми соответствующего цвета – их степенная аппроксимация (см. рис. 8 и 9).

Полученная зависимость на рис. 8 показывает слабую связь между модулем деформации балласта и его засоренностью. При этом на рис. 9 связь практически отсутствует.

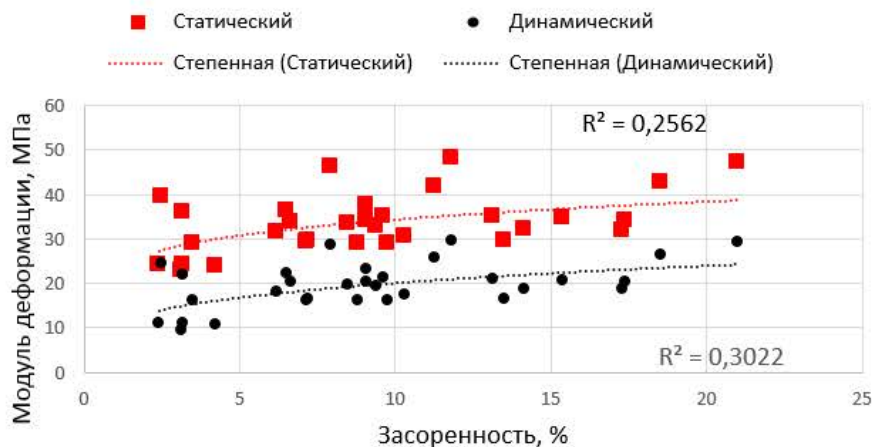


Рис. 8. Зависимость модуля деформации балласта от его засоренности на перегоне Зверево – Сулин

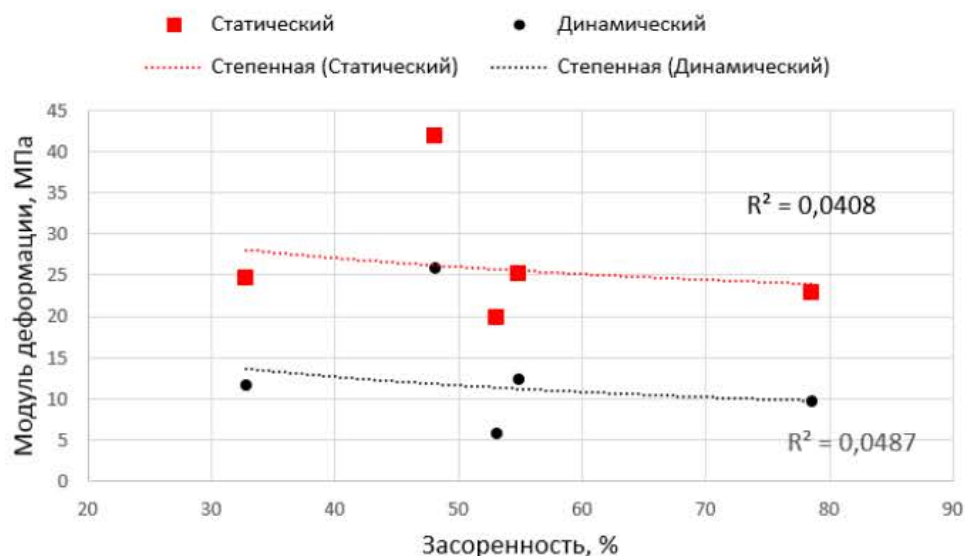


Рис. 9. Зависимость модуля деформации балласта от его засоренности на грузовом дворе станции Ростов-Западный

На рис. 10 приведена обобщенная зависимость модуля деформации от засоренности по четырем объектам. Полученные результаты свидетельствуют, что связь между засоренностью и модулем деформации эксплуатируемого балластного слоя практически отсутствует.

Дополнительный анализ фракционного состава балластного материала позволил при малых значениях динамического модуля деформации, когда их значение не превышает 16 МПа, оценить влияние на этот параметр крупных фракций балластного материала (40–60 мм). Линейная аппроксимация приводит к коэффициенту детерминации равному 0,54, что по шкале Чеддока показывает высокую тесноту связей между приведенными на рис. 11 переменными.

Из рассмотрения полученных графиков видно, что накопление засорителей в процессе эксплуатации пути мало влияет на модуль деформации балластного слоя. Это объясняется тем, что засорение балласта происходит постепенно, при этом стабилизация пути после строительства и ремонтов проис-

ходит на чистом балластном материале с минимальным количеством засорителей. Дальнейшее загрязнение уже не сильно влияет на модуль деформации, поскольку гранулы щебня уже нашли оптимальное положение. Значимую связь фракционного состава от модуля деформации можно видеть только на слабо уплотненном балластном слое, тогда вклад крупной фракции приводит к увеличению модуля деформации.

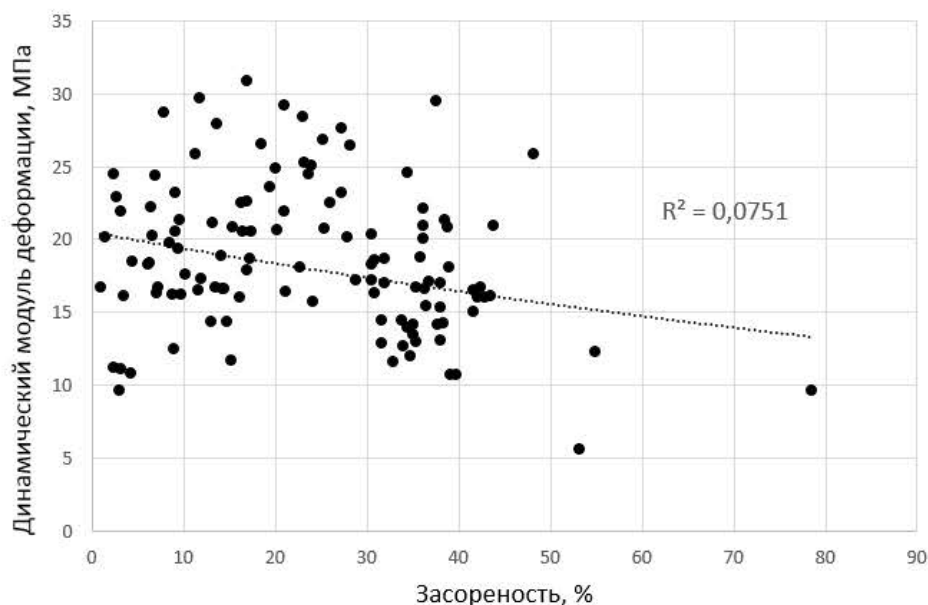


Рис. 10. Зависимость модуля деформации балласта от его засоренности по четырем объектам

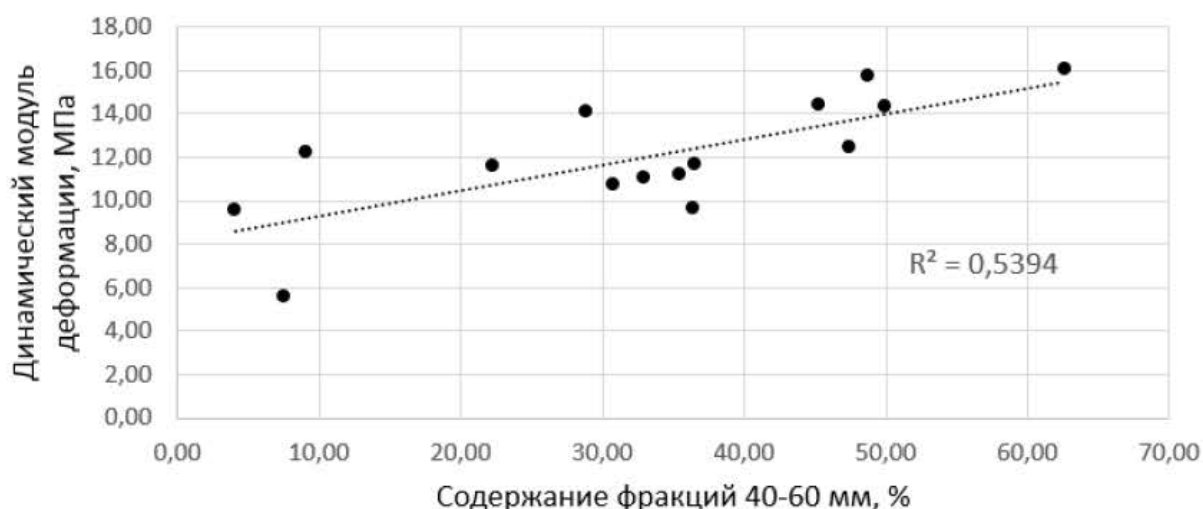


Рис. 11. Зависимость модуля деформации от содержания крупных фракций

Выводы

Анализ полученных зависимостей позволяет сформулировать следующие основные выводы.

1 Установленная связь засоренности балластного слоя от истираемости и сопротивления удару балластного материала может быть использована для прогнозирования накоплений засорителя при наработке тоннажа вместе с другими параметрами, влияющими на это значение.

2 Связь между засоренностью и модулем деформации эксплуатируемого балластного слоя практически отсутствует, при этом если значение динамического модуля деформации не превышает 16 МПа, а рассматриваемый фракционный состав балластного материала находится в пределах 40–60 мм, то линейная аппроксимация приводит к коэффициенту детерминации равному 0,54, что по шкале Чеддока показывает высокую тесноту связей между засоренностью и модулем деформации.

Список литературы

- 1 Методические указания по обследованию балластного слоя № ЦПТ-16-77 / ВНИИ ж.-д. трансп. – Москва : Транспорт, 1979. – 15 с.
- 2 Колос, А. Ф. Засорение и загрязнение щебеночного балласта при эксплуатации железнодорожного пути / А. Ф. Колос // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2022. – Т. 19, № 3. – С. 558–575. – DOI 10.20295/1815-588X-2022-3-558-575.
- 3 Колос, А. Ф. Метод оценки коэффициента формы зерен щебня, применяемого в балластном слое железнодорожного пути / А. Ф. Колос, Е. А. Лебедева, В. Г. Гладий // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4 (52). – С. 59–67. – DOI 10.20291/2079-0392-2021-4-59-67.
- 4 Оценка источников загрязнения балластного слоя из гранитного щебня и моделирование разрушения и истирания частиц щебня при динамическом нагружении / А. А. Абрашитов, А. А. Зайцев, А. В. Семак, Л. А. Шаврин // Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути : труды XIII Международной научно-технической конференции. Чтения, посвященные памяти профессора Г. М. Шахунянца, Москва, 31 марта – 01 апреля 2016 года. – Москва : МГУПС Императора Николая II, 2016. – С. 184–187. – EDN YKPxBB.
- 5 Application of microwave methods for the determination of ballast material clogging / V. A. Yavna, V. L. Shapovalov, A. V. Morozov, K. M. Ermolov // Geophysics 2015 – 11th EAGE International Scientific and Practical Conference and Exhibition on Engineering and Mining Geophysics, Gelendzhik, April 20–24, 2015. – Gelendzhik : EAGE All Rights, 2015. – P. 33. – DOI 10.3997/2214-4609.201412252.
- 6 ГОСТ 7392–2014. Щебень из плотных горных пород для балластного слоя железнодорожного пути. Технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 32 с.
- 7 ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 65 с.
- 8 ГОСТ 5180–2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 20 с.
- 9 Руководство по эксплуатации электронного динамического плотномера грунта с легким падающим грузом ZORN ZFG 3.0. – Стендаль, 2011. – 29 с.

References

- 1 Guidelines for the examination of the ballast layer CPT 16-77 / Institute of Railway Transport – Moscow : Transport, 1979. – 15 p.
- 2 Kolos, A. F. Blockage and contamination of crushed stone ballast during the operation of a railway track / A. F. Kolos // Izvestiya of the Saint Petersburg University of Railways. – 2022. – Vol. 19, No. 3. – P. 558–575. – DOI 10.20295/1815-588X-2022-3-558-575.
- 3 Kolos, A. F. A method for estimating the coefficient of the shape of crushed stone grains used in the ballast layer of a railway track / A. F. Kolos, E. A. Lebedeva, V. G. Gladiy // Bulletin of the Ural State University of Railways. – 2021. – No. 4 (52). – P. 59–67. – DOI 10.20291/2079-0392-2021-4-59-67.
- 4 Assessment of sources of pollution of the ballast layer from granite rubble and modeling of destruction and abrasion of crushed stone particles under dynamic loading / A. A. Abrashitov, A. A. Zaitsev, A.V. Semak, L. A. Shavrin // Modern problems of design, construction and operation of railway tracks : proceedings of the XIII International Scientific and Technical Conference. Readings dedicated to the memory of Professor G. M. Shakhunyants, Moscow, March 31 – April 01, 2016. – Moscow : MGUPS of Emperor Nicholas II, 2016. – P. 184–187. – EDN YKPxBB.
- 5 Application of microwave methods for the determination of ballast material clogging / V. A. Yavna, V. L. Shapovalov, A. V. Morozov, K. M. Ermolov // Geophysics 2015 – 11th EAGE International Scientific and Practical Conference and Exhibition on Engineering and Mining Geophysics, Gelendzhik, April 20–24, 2015. – Gelendzhik : EAGE All Rights, 2015. – P. 33. – DOI 10.3997/2214-4609.201412252.
- 6 GOST 7392-2014. Crushed stone from dense rocks for the ballast layer of the railway track. Technical specifications. – Moscow : Standartinform, 2015. – 32 p.
- 7 GOST 8269.0-97. Crushed stone and gravel from dense rocks and industrial waste for construction work. Methods of physical and mechanical tests. – Moscow : Standartinform, 2018. – 65 p.
- 8 GOST 5180-2015. Soils. Methods of laboratory determination of physical characteristics. – Moscow : Standartinform, 2016. – 20 p.
- 9 Operating manual of the electronic dynamic soil density meter with a light falling load ZORN ZFG 3.0. – Stendhal, 2011. – 29 p.

10 ГОСТ Р 59866–2022. Дороги автомобильные общего пользования. Показатели деформативности конструктивных слоёв дорожной одежды из несвязных материалов и грунтов земляного полотна. Технические требования и методы определения. – Москва : Российский институт стандартизации, 2022. – 33 с.

10 GOST R 59866–2022. Public automobile roads. Indicators of deformability of structural layers of pavement made of non-cohesive materials and soils of the roadbed. Technical requirements and methods of determination. –Moscow : Russian Institute of Standardization, 2022. – 33 p.

V. L. Shapovalov, V. V. Arkhipov, A. G. Kochur, A. V. Morozov, M. V. Okost

INFLUENCE OF THE CHARACTERISTICS OF THE BALLAST MATERIAL ON THE DEFORMATION MODULUS OF THE OPERATED BALLAST LAYER

Abstract. The paper describes the field experimental studies which were carried out on active sections of the railway track. The research observed the ballast layer using direct methods to determine the properties of the material and the deformation modulus by dynamic tests from the impact force action through a round stamp using the ZORN ZFG 3.0 device. As full-scale sections, hauls with varying contamination and missed tonnage were selected as well as a section of the cargo yard track where the ballast layer had not been cleaned for a long time. Based on the results of the studies, the links between the abrasions of crushed stone, the resistance of crushed stone to impact on a pile driver and the clogging of the ballast layer were determined. It was obtained the links between the clogging of the ballast layer and the deformation modulus.

Keywords: ballast layer, clogging, modulus of deformation, abrasion.

For citation: Influence of the characteristics of the ballast material on the deformation modulus of the operated ballast layer / V. L. Shapovalov, V. V. Arkhipov, A. G. Kochur [et al.] Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 1. – P. 45–54. – DOI 10.46973/0201–727X_2024_1_45.

Сведения об авторах

Шаповалов Владимир Леонидович
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Путь и путевое хозяйство»,
доктор технических наук, доцент,
e-mail: cpd@rgups.ru

Архипов Виталий Викторович
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Изыскание, проектирование
и строительство железных дорог»,
аспирант,
e-mail: vitalijjarkhi@rambler.ru

Кочур Андрей Григорьевич
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Физика»,
доктор физико-математических наук, профессор,
e-mail: agk2007@bk.ru

Морозов Андрей Владимирович
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Физика»,
кандидат технических наук,
e-mail: cpd@rgups.ru

Information about the authors

Shapovalov Vladimir Leonidovich
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Track and Track Facilities»,
Doctor of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: cpd@rgups.ru

Arkhipov Vitaly Viktorovich
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Railway Survey, Design and Construction»,
Postgraduate Student,
e-mail: vitalijjarkhi@rambler.ru

Kochur Andrey Grigorievich
Rostov State University of Railways (RSTU),
Chair «Physics»,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
e-mail: agk2007@bk.ru

Morozov Andrey Vladimirovich
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Physics»,
Candidate of Engineering Sciences,
e-mail: cpd@rgups.ru

Окост Максим Викторович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Путь и путевое хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: cpd@rgups.ru

Okost Maksim Victorovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Track and Track Facilities»,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: cpd@rgups.ru