



ENGINEER

international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

16-february, 2026



engineer.tstu.uz

**ABDURAXMON ASIMOVICH ISHANXODJAYEV TAVALLUDINING
85 YILLIGIGA BAG‘ISHLANGAN
“TRANSPORT INSHOOTLARI: ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR,
SEYSMIK BARQARORLIK”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO‘PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti texnika fanlari doktori, professor, transport qurilishi sohasida taniqli olim, fan va texnika sohasidagi Abu Rayhon Beruniy nomli O‘zbekiston Davlat mukofoti laureati, “Shuxrat belgisi” ordeni, “Sharafli mehnati uchun” medali, “Oliy talim fidoiysi”, Oliy talim alochisi”, “SSSR ixtirochisi”, “Yo‘l ustalarning ustoz”, “Seysmik xavfsizlik sohasi alochisi” ko‘krak nishonlari sohibi **Abduraxmon Asimovich Ishanxodjayev tavalludining 85 yilligiga bag‘isHLangan “Transport inshootlari: zamonaviy texnologiyalar, seysmik barqarorlik” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya ilmiy ishlari to‘plami chop etildi.**

Abduraxmon Asimovich 100 dan ortiq ilmiy asarlar, shu jumladan, 2 ta monografiya, 2 ta darslik, 18 ta chet elda chop etilgan ilmiy maqola va ishlab chiqarishga tadbiiq etilgan 6 ta ixtiroga berilgan guvohnoma va patentlar muallifidir. Uning ilmiy maslahatchiligi va ilmiy rahbarligida 2 ta doktorlik, 8 ta nomzodlik va 4 ta texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajalariga dissertatsiyalar yoqlandi, ko‘p sonli ilmiy-tadqiqot mavzulari – fundamental va amaliy Ilmiy grantlar, yo‘l-ko‘prik qurilishi bo‘yicha Respublika va soha me‘yoriy hujjatlari yaratganlar.

Ishanxodjayev Abduraxmon Asimovich 1962 yilda Toshkent temir yo‘l muhandislari institutini “Sanoat va fuqaro qurilishi” mutaxassisligi bo‘yicha tugatib, bir yil O‘zbekiston suv xo‘jaligi Davlat loyiha instituti muhandisi, to‘rt yil “Toshshaxarqurilish Bosh Boshqarmasi” qurilish tashkilotlarida qurilish ustasi va ish bajaruvchi lavozimlarida ishladi. Shu davrda u hozirgi Respublika Prezidenti devoni binosi qurilishida ishtirok etdi, Toshkent viloyati Bo‘stonliq rayoni “Chimyon” dam olish zonasida tiklanayotgan “Quyoshli” pioner lager qurilishiga rahbarlik qildi. Nihoyat, u 5-yillik loyiha va ishlab chiqarish tajribasiga ega mutaxassis sifatida 1967-yil dekabrda O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi institutiga, ushbu institut direktori, o‘sha paytda fan nomzodi, keyinchalik akademik Tursunboy Rashidov ilmiy rahbarligida aspiranturaga kiradi va keyingi 20-yil davomida kichik va katta ilmiy hodim, laboratoriya mudiri lavozimlarida faoliyat ko‘rsatdi.

Shu davrda uning bevosita rahbarligi va ishtirokida O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi institutida dunyoda yagona “Metropolitanlar zilzilabardoshligi” laboratoriyasi tashkil etildi. Ushbu laboratoriya Toshkent metropoliteni Chilonzor metro yo‘lini noqulay grunt sharoitlari va yuqori seysmik zonada loyihalash va qurishda, metro qurilishi tajribasida birinchi bo‘lib yirik yig‘ma temirbeton elementlardan tiklanadigan yurish va bekat tonnellarining yangi, zilzilabardosh konstruksiyalari yaratish va tadbiiq etishda faol qatnashdi. Toshkent metrosi Chilonzor yo‘lining qurilgan bo‘laklarida ulkan eksperimental tadqiqotlar o‘tkazildi, metro tajribasida birinchi bo‘lib muhandis-seysmometrik kuzatuvlar tashkil qilindi. Laboratoriya ilmiy xodimlari va izlanuvchlaridan 10 dan ortiq kishi nomzodlik va doktorlik dissertatsiyalari yoqladilar. Kafedrada bajarilgan ilmiy-tadqiqotlar natijalarining ishlab chiqarishga tadbiiqidanda hosil bo‘lgan katta miqdordagi iqtisodiy samara institut va O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi hisobotlarida qayd etildi.



Ustozimiz 30 yildan ortiq muddatda rahbarlik qilgan Toshkent avtomobil-yo'llar instituti "Ko'priklar va transport tonnelli" kafedra O'zbekiston Respublikasi, shuningdek, Osiyo, Afrika va Lotin Amerikasi mamlakatlari uchun ko'priksizlik bo'yicha oliy malumotli kadrlar tayyorladilar. Shuni qayd etish lozimki, professor Ishanxodjaev Abduraxmon Asimovich turli yillarda Tojikiston va Qirg'iziston Respublikalari hududlarida, Armaniston Respublikasining Spitak shahrida ro'y bergan kuchli zilzilalar oqibatlarini o'rganish va tahlil qilishda, sobiq Ittifoq Fanlar Akademiyasi prezidiumi qoshidagi seysmologiya va zilzilabardosh qurilish bo'yicha idoralararo kengash azosi sifatida faol ishtirok etdi. Keyingi yillarda u Toshkent shahri va Respublikada qurilayotgan ulkan transport inshootlari konstruksiyalari, shu jumladan Toshkent metropoliteni yer usti xalqa yo'li konstruksiyalarini ekspertiza qilish jarayonlarida ham bevosita ishtirok etdi.

Ishanxodjayev Abduraxmon Asimovich 50 yildan ortiq davrda ilmiy darajalar beruvchi ixtisoslashgan va ilmiy kengashlarning raisi, ilmiy kotibi, a'zosi va ushbu kengashlar qoshidagi ilmiy seminar raisi sifatida 300 dan ortiq mutaxassislarning doktorlik, nomzodlik va falsafa doktori ilmiy darajasini olish jarayonida qatnashdi. Hozirda u Toshkent Davlat Transport Universiteti huzuridagi doktorlik dissertatsiyalari himoyasi bo'yicha ilmiy kengash a'zosi va ushbu ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, O'zbekiston mexaniklar jamiyatining kengashi a'zosi, Sharof Rashidov nomli Samarqand Davlat universiteti va O'zbekiston Fanlar Akademiyasi seysmologiya instituti qoshidagi doktorlik dissertatsiyalari himoyasi bo'yicha ilmiy kengashlar a'zosi sifatida ilmiy darajadagi mutaxassislar tayyorlashda faol ishtirok etmoqdalar.

Mazkur ilmiy-amaliy konferensiyaning maqsadi transport qurilishi sohasida olib borilayotgan zamonaviy ilmiy tadqiqotlar yo'nalishlarini muhokama qilish, jumladan ko'priklar va tunnellar qurilishi, metropolitenlar, yuqori seysmik hududlarda transport obyektlarining ishonchliligi va seysmik mustahkamligi, zamonaviy hisoblash va loyihalash usullari, hamda innovatsion muhandislik yechimlari bo'yicha ilmiy natijalar almashuvini ta'minlashdan iboratdir.

Konferensiyada O'zbekiston Respublikasi hamda xorijiy mamlakatlarning oliy o'quv yurtlari va ilmiy-tadqiqot institutlari olimlari, shuningdek, muhim ilmiy tadqiqot natijalariga ega bo'lgan ishlab chiqarish vakillari o'z ilmiy ishlari bilan ishtirok etdilar.

"Transport inshootlari: zamonaviy texnologiyalar, seysmik barqarorlik" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. Transport inshootlari uchun zamonaviy konstruktiv yechimlar va materiallar;
2. Ko'priklar hamda yo'l o'tkazgichlarni diagnostika qilish, ta'mirlash va mustahkamlash texnologiyalari;
3. Seysmik hududlarda transport inshootlarini loyihalash va ekspluatatsiya qilishdagi dolzarb masalalar;
4. Ilg'or xorijiy tajriba, innovatsion yondashuvlar va amaliy tavsiyalar.

Ushbu ilmiy-ma'rifiy to'plam Abduraxmon Asimovich Ishanxodjayevning tabarruk 85 yoshga to'lishi munosabati bilan nashr etilib, unda transport qurilishi sohasida faoliyat yuritayotgan yetakchi olimlar, professor-o'qituvchilar va malakali mutaxassislarning ilmiy izlanishlari jamlangan. To'plamda transport qurilishining dolzarb muammolari, zamonaviy muhandislik yechimlari, ilmiy-nazariy va amaliy tadqiqot natijalari yoritilib, ushbu sohaning bugungi holati va istiqboldagi rivojlanish yo'nalishlari aks ettirilgan. Mazkur nashr Abduraxmon Asimovichning transport qurilishi faniga qo'shgan ulkan hissasiga nisbatan chuqur hurmat va e'tirof ramzi sifatida tayyorlangan.



Methodology for assessing the dynamic impact of rolling stock on the subgrade and justification for its reinforcement in the area of rail joints

Lesov K.S.¹^a, Kenjaliyev M.K.¹^b, Mirzakhidova O.M.¹^c

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The article proposes a method for assessing the dynamic impact of rolling stock on the subgrade in the rail joint area, taking into account speed regimes and axial loads, based on the calculated relationship $K_{\text{пг}} \rightarrow Y \rightarrow \sigma(z)$ and a normative check using the criterion $\sigma(z) \leq 0.5$ MPa. An assessment of the conditions for exceeding the standard stresses during high-speed passenger and freight traffic has been carried out, and the introduction of the dynamic coefficient k_{dyn} to account for shock-pulse effects has been justified. It has been shown that the use of a combined reinforcement system of 'geotextile + flat geogrid' reduces vertical stresses in the main subgrade area by 25–30% and forms a standard reserve of bearing capacity of the foundation. The results obtained can be used in the design and modernisation of railway lines with mixed and high-speed traffic in rail joint areas.

Keywords: Dynamic impact, rail joints, subgrade, dynamic addition coefficient, dynamic coefficient, vertical stresses, geosynthetic materials, geotextiles, geogrids, track bed reinforcement, high-speed traffic, axial load, standard stresses

Методика оценки динамического воздействия подвижного состава на земляное полотно и обоснование его усиления в зоне рельсовых стыков

Лесов К.С.¹^a, Кенжалиев М.К.¹^b, Мирзахидова О.М.¹^c

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В статье предложена методика оценки динамического воздействия подвижного состава на земляное полотно в зоне рельсовых стыков с учётом скоростных режимов и осевых нагрузок, основанная на расчётной связке $K_{\text{пг}} \rightarrow Y \rightarrow \sigma(z)$ и нормативной проверке по критерию $\sigma(z) \leq 0,5$ МПа. Выполнена оценка условий превышения нормативных напряжений при скоростном пассажирском и грузовом движении и обосновано введение коэффициента динамичности $k_{\text{дп}}$ для учёта ударно-импульсных эффектов. Показано, что применение комбинированной системы усиления «геотекстиль + плоская георешётка» обеспечивает снижение вертикальных напряжений в основной площадке земляного полотна на 25–30 % и формирование нормативного запаса несущей способности основания. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и модернизации железнодорожных линий со смешанным и скоростным движением в зонах рельсовых стыков.

Ключевые слова: Динамическое воздействие, рельсовые стыки, земляное полотно, коэффициент динамической добавки, коэффициент динамичности, вертикальные напряжения, геосинтетические материалы, геотекстиль, георешётка, усиление основания пути, скоростное движение, осевая нагрузка, нормативные напряжения

1. Введение

Развитие грузового и высокоскоростного пассажирского железнодорожного движения сопровождается существенным ростом динамического воздействия подвижного состава на элементы пути и земляного полотна, особенно в зонах локальных конструктивных и жёсткостных неоднородностей, к которым в первую очередь относятся рельсовые стыки. В этих участках формируются ударно-динамические нагрузки, обусловленные переходом колёсных пар через зазоры и неровности рельсов, а также резкими изменениями жёсткости верхнего строения пути, что приводит к концентрации вертикальных напряжений в основной площадке земляного полотна и ускоренному накоплению остаточных деформаций основания.

Исследования системы «колесо–рельс–балласт–основание» показывают, что динамическая нагрузка может превышать статическую в 1,5–2,5 раза в зависимости от скорости, состояния пути и жёсткости опорной системы. Показана существенная роль геометрических неровностей и переходов жёсткости в формировании повышенных динамических воздействий на элементы пути и основание [1, 2, 3].

Нормативные документы (ГОСТ 34759–2021, ГОСТ Р 72044–2025) регламентируют динамическое воздействие через коэффициенты динамической добавки и динамичности и устанавливают предельное значение вертикальных напряжений $\sigma(z) \leq 0,5$ МПа,

^a  <https://orcid.org/0000-0002-9434-0713>

^b  <https://orcid.org/0000-0003-4622-5937>

^c  <https://orcid.org/0000-0001-6247-1869>



однако импульсный характер нагружения в стыковых зонах учитывается ограниченно.

В мировой практике для снижения концентрации напряжений широко применяются геосинтетические материалы (геотекстиль и георешётки), обеспечивающие перераспределение нагрузок и повышение жёсткости системы «балласт–основание». Вместе с тем недостаточно разработаны методики, наглядную связывающие параметры динамического воздействия с расчётной оценкой вертикальных напряжений и обоснованием параметров усиления именно для рельсовых стыков [4, 5].

Актуальность исследования определяется необходимостью повышения надёжности и долговечности пути при смешанном и скоростном движении, когда в стыковых зонах возможны превышения нормативных уровней напряжений и ускоренное развитие деформаций основания.

Предмет исследования – динамическое воздействие подвижного состава на земляное полотно в зоне рельсовых стыков и формирование вертикальных напряжений в основной площадке основания с учётом геосинтетического армирования.

Цель исследования – разработка методики расчётной оценки динамического воздействия и инженерное обоснование эффективности усиления земляного полотна в стыковых зонах.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

1. Проанализировать современные научные и нормативные подходы к оценке динамического воздействия подвижного состава на элементы пути и земляного полотна.

2. Обосновать использование коэффициента динамической добавки обрессоренных частей и коэффициента динамичности для расчётной оценки вертикальных нагрузок в стыковых зонах.

3. Разработать расчётную методическую цепочку определения динамической погонной нагрузки и вертикальных напряжений в основной площадке земляного полотна.

4. Выполнить оценку превышения и соблюдения нормативных значений вертикальных напряжений при различных скоростях движения и осевых нагрузках.

5. Обосновать конструктивное решение по усилению земляного полотна с применением геотекстиля и плоской георешётки и оценить его эффективность с точки зрения снижения концентрации динамических напряжений.

Реализация предложенной методики направлена на повышение обоснованности проектных и эксплуатационных решений и способствует росту устойчивости и эксплуатационной надёжности железнодорожной инфраструктуры в условиях интенсивного грузового и скоростного пассажирского движения.

2. Методология исследования

1) Методологическая основа и схема исследования

Исследование выполнено на основе инженерно-расчётного моделирования динамического воздействия подвижного состава на земляное полотно в зоне рельсовых стыков с последующей нормативной проверкой по предельно допустимым значениям вертикальных напряжений. Методологическая схема

включает расчётную последовательность [6, 7]:

$$K_{пр} \rightarrow Y \rightarrow \sigma(z)$$

где: K_{dz} – коэффициент динамической добавки обрессоренных частей;

Y – динамическая погонная нагрузка тележки, кН;

$\sigma(z)$ – вертикальные напряжения в теле земляного полотна на глубине z , МПа.

Дополнительно для стыковой зоны учтён коэффициент динамичности k_{dyn} , отражающий ударно-импульсный характер нагружения (переходы жёсткости, зазоры, неровности) [8, 9].

2) Объект, условия и сценарии расчёта

Объект: зона рельсового стыка как участок локальной жёсткостной неоднородности пути (с повышенной вероятностью ударных воздействий).

Сценарии движения:

скорости: 60, 90, 160, 200 км/ч; осевые нагрузки: 18; 23,5; 25 т/ось; виды движения: грузовое (60–90 км/ч) и пассажирское (160–200 км/ч).

Нормативный критерий:

$\sigma(z) \leq 0,5$ МПа (по требованиям ГОСТ 34759–2021; применение динамических критериев согласуется с ГОСТ Р 72044–2025).

3) Исходные параметры динамики

Значения K_{dz} приняты как характерные (инженерные), допустимые для предварительных расчётов при отсутствии данных индивидуальных ходовых испытаний (с оговоркой о необходимости уточнения по испытаниям согласно ГОСТ 34759–2021 и ГОСТ 33788–2016).

Таблица 1

Характерные значения коэффициента динамической добавки обрессоренных частей K_{dz}

Вид движения	Скорость, км/ч	18 т/ось	23,5 т/ось	25 т/ось
Грузовое	60	–	0,22	0,20
Грузовое	90	–	0,27	0,25
Пассажирское	160	0,48	–	–
Пассажирское	200	0,55	–	–

4) Расчёт динамической погонной нагрузки тележки

Динамическая погонная нагрузка вычисляется по выражению:

$$Y = \frac{n \cdot P_0 (1 + K_{пр})}{l + 2,2}$$

где: n – число осей в тележке; P_0 – статическая осевая нагрузка, кН; l – расстояние между крайними осями тележки, м; добавка 2,2 учитывает влияние распределения нагрузки в зоне тележки [10, 11].

Полученное значение Y используется для расчёта вертикальных напряжений в верхней части основной площадки земляного полотна.

5) Учёт ударно-динамических эффектов в стыке

Для зоны рельсовых стыков принято:

$$P_{dyn} = P_{stat} \cdot K_{dyn}, \quad \sigma(z) = \sigma(z) \cdot K_{dyn}$$

Характерные диапазоны k_{dyn} заданы, по инженерной оценке, (как надбавка к «плавной» динамике, учитывающейся через K_{dz} [12, 13]:

1,5–1,7 – исправные стыки, грузовое 60–90 км/ч;

2,0–2,5 – неблагоприятное состояние стыков, пассажирское 160–200 км/ч.

При этом связь первого приближения:

$$k_{dyn} \approx 1 + K_{dz}$$

рассматривается как нижняя оценка, требующая увеличения с учётом ударных эффектов стыка (что концептуально согласуется с подходами к



«impact wheel load factors» и динамическим факторам в работах [14-16] и нормативной логикой ГОСТ Р 72044–2025).

б) Вариант усиления и допущения

Рассмотрен конструктивный вариант усиления основной площадки земляного полотна:

геотекстиль 400 г/м² + плоская георешётка 40×40 мм.

Механизм работы усиления в рамках метода: увеличение жёсткости/связности системы «балласт–основание», перераспределение нагрузок и снижение концентрации напряжений в стыковой зоне. [6-8] В расчётной части эффект усиления отражён по результатам сравнения напряжений до/после.

Структурная схема (алгоритм расчёта)

1. Выбор сценария: вид движения → скорость v → осевая нагрузка P_0 ;

2. Назначение K_{nc} (табл. 1)

3. Расчёт (Y) по формуле

4. Определение $\sigma(z)$ (верхняя часть основной площадки)

5. При необходимости: учёт k_{dyn} для стыка

6. Сравнение с критерием $\sigma(z) \leq 0,5$ МПа

7. Назначение усиления и повторная оценка $\sigma(z)$

3. Результаты исследования

1) Вертикальные напряжения до и после усиления

Расчётные значения вертикальных напряжений в верхней части основной площадки земляного полотна приведены в обработанном виде (с нормативной интерпретацией).

Таблица 2

Вертикальные напряжения $\sigma(z)$ в зоне рельсовых стыков до и после усиления, МПа

Условия эксплуатации	60 км/ч	90 км/ч	160 км/ч	200 км/ч
Без усиления	0,40	0,46	0,56	0,63
После усиления геосинтетическими материалами	0,28	0,32	0,40	0,45

Примечание: значения приведены для верхней части основной площадки земляного полотна; усиление выполнено по варианту комбинированной системы «геотекстиль 400 г/м² + плоская георешётка 40×40 мм».

Ключевой результат: усиление снижает $\sigma(z)$ на 25–30% во всём диапазоне скоростей, обеспечивая выполнение критерия $\sigma(z) \leq 0,5$ МПа даже для скоростей 160–200 км/ч.

2) Эффективность усиления (процент снижения напряжений)

Для наглядности эффект усиления представлен в виде относительного снижения:

$$\Delta = \frac{\sigma_{\text{без}} - \sigma_{\text{усил}}}{\sigma_{\text{без}}} * 100\%$$

Таблица 3

Снижение $\sigma(z)$ после усиления

Скорость, км/ч	60	90	160	200
Снижение $\sigma(z)$	30,0	30,4	28,6	28,6

3) Графические представления результатов

Вертикальные напряжения $\sigma(z)$ и эффективность усиления земляного полотна. Результаты расчёта вертикальных напряжений в зоне рельсовых стыков приведены в рис. 1.

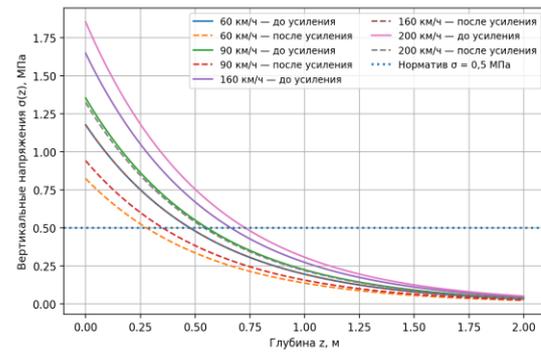


Рис. 1. Распределение вертикальных напряжений $\sigma(z)$ по глубине для скоростей 60, 90, 160 и 200 км/ч до и после усиления

График наглядно демонстрирует превышение нормативного уровня $\sigma(z)$ при пассажирском движении со скоростями 160–200 км/ч без усиления, а также формирование нормативного запаса по напряжениям после усиления геосинтетическими материалами.

Комбинированная система усиления основной площадки земляного полотна «геотекстиль + плоская георешётка», включающей: геотекстиль плотностью 400 г/м², плоскую георешётку с размером ячеек 40×40 мм. Принятое конструктивное решение обеспечивает совместную работу грунта, геосинтетических материалов и балластного слоя, перераспределение динамических нагрузок и снижение концентрации вертикальных напряжений в зоне рельсовых стыков.

График демонстрирует снижение напряжений после усиления, горизонтальная пунктирная линия соответствует нормативному пределу 0,5 МПа.

4) Нормативная интерпретация результатов

При грузовом движении 60–90 км/ч: $\sigma(z) = 0,40–0,46$ МПа без усиления — формально ниже 0,5 МПа, однако близость к пределу указывает на риск остаточных деформаций при длительной эксплуатации и дефектах стыка.

При пассажирском 160–200 км/ч: $\sigma(z) = 0,56–0,63$ МПа без усиления — превышение нормативного критерия.

После усиления: $\sigma(z) = 0,28–0,45$ МПа — выполнение норматива и формирование запаса несущей способности основания.

Обсуждение

1) Интерпретация и физический смысл результатов

Полученные значения подтверждают, что стыковая зона является критической по динамическому воздействию из-за совокупности факторов:

удар колеса при прохождении стыкового зазора/неровности;

резкие переходы жёсткости;

активизация колебаний тележки и неподрессоренных масс.

Отсюда следует закономерность: рост скорости при равных или даже меньших осевых нагрузках может приводить к большему превышению по $\sigma(z)$, чем увеличение осевой нагрузки при меньших скоростях. Это согласуется с общей инженерной логикой динамического взаимодействия колесо–рельс и с практикой применения «impact/dynamic factors» в расчётах [4, 5].

2) Сопоставление с результатами других авторов

Согласованность с публикациями о роли жёсткости основания.



В работе Lee J. и соавторы показано, что динамические коэффициенты существенно зависят от жёсткости опорной системы (включая особенности конструкции и основания) [1]. В нашем исследовании усиление геосинтетическими материалами действует именно через повышение «работоспособной жёсткости/связности» системы и перераспределение напряжений; наблюдаемое снижение $\sigma(z)$ на 25–30% является следствием этого механизма и концептуально соответствует выводам [1] о влиянии жёсткости на динамические реакции.

Согласованность с подходами к динамическим/ударным факторам (impact wheel load factors).

Van Dyk et al. рассматривают динамические и ударные факторы колёсной нагрузки и их применение в проектировании, подчёркивая, что в присутствии неровностей и локальных дефектов путь испытывает существенно большие динамические воздействия [4]. В Вашей методике это отражено введением k_{dyn} как корректировки сверх «плавной» динамики, учитываемой через K_{nc} . Таким образом, принятый подход не противоречит мировой практике: K_{nc} описывает вклад колебаний обрессоренной массы, тогда как стык требует добавочного учёта импульсности.

Согласованность с исследованиями тяжеловесного движения.

Zhao et al. показывают, что для тяжеловесных линий динамические коэффициенты/усиления возрастают при росте скорости и ухудшении геометрии пути, а также при изменении условий контакта и поддерживающей способности основания [5]. В наших расчётах даже при допустимых напряжениях в грузовых режимах (60–90 км/ч) значения близки к нормативу, что подтверждает тезис [5] о необходимости удержания запаса по несущей способности основания при длительной эксплуатации и возможных дефектах пути.

3) Практическая значимость и область применения методики

Предложенный алгоритм расчёта удобен для: предпроектной оценки рисков по стыковым зонам на линиях со смешанным движением;

обоснования усиления при переводе линий на более высокие скорости;

выбора целевого варианта усиления (в статье рассмотрен вариант «геотекстиль + плоская георешётка» как технологически реализуемый в «окна» и эффективный по снижению $\sigma(z)$).

4) Ограничения исследования и направления развития

1. Значения K_{nc} приняты как характерные; для итогового проектного расчёта требуется уточнение по результатам испытаний конкретного подвижного состава (ГОСТ 34759–2021, ГОСТ 33788–2016).

2. k_{dyn} использован как инженерный коэффициент для стыка; перспективным является его уточнение по инструментальным измерениям неровностей/состояния стыков и расчётам динамики колесо–рельс (в духе подходов [4–7]).

3. Эффект усиления отражён через изменение $\sigma(z)$; в расширенной постановке целесообразно дополнить методику критериями по деформациям/осадкам и долговечности (циклическая работа основания).

4. Заключение

В статье предложена инженерно–расчётная методика оценки динамического воздействия подвижного состава на земляное полотно в зоне рельсовых стыков, основанная на связке $K_{nc} \rightarrow Y \rightarrow \sigma(z)$ и нормативной проверке по критерию $\sigma(z) \leq 0,5$ МПа. Методика позволяет учитывать влияние скоростных режимов и осевых нагрузок на напряжённое состояние основной площадки основания пути.

Установлено, что в стыковых зонах при скоростном пассажирском движении 160–200 км/ч формируется превышение нормативных уровней вертикальных напряжений, а при грузовом движении 60–90 км/ч – предельное состояние, способствующее накоплению остаточных деформаций. Обосновано введение коэффициента динамичности k_{dyn} для учёта ударно-импульсных эффектов, не отражаемых коэффициентом динамической добавки K_{nc} .

Показано, что применение комбинированной системы усиления «геотекстиль + плоская георешётка» обеспечивает снижение вертикальных напряжений $\sigma(z)$ на 25–30 % и формирование нормативного запаса несущей способности основания пути, что повышает устойчивость и эксплуатационную надёжность железнодорожной инфраструктуры.

Практическая ценность методики заключается в возможности её использования при проектировании и модернизации линий со смешанным и скоростным движением для обоснования инженерных решений по усилению земляного полотна в зонах рельсовых стыков.

Использованная литература / References

- [1] Lee J., Oh K., Park Y., Choi J. Applicability of Dynamic Coefficient Standards by Comparing Dynamic Coefficients of Ballast and Reinforced Concrete Railway Structures Based on Spring Stiffness Coefficients // Appl. Sci. – 2020. – Vol. 10, No. 23. – P. 8361. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/app10238361>
- [2] ГОСТ Р 72044–2025. Железные дороги. Колесно-рельсовый контакт. Динамическое воздействие на путь. – М.: Стандартинформ, 2025. – 30 с.
- [3] Lee S.H. A Study for Correlation of Track Support Stiffness and Track Impact Factor According by Track Structures. Ph.D. Thesis. Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea, 2017.
- [4] Van Dyk B.J., Dersch M.S., Edwards J.R., Ruppert Conrad J., Barkan C.P.L. Evaluation of Dynamic and Impact Wheel Load Factors and Their Application for Design. In: Proceedings of the Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, Washington, DC, USA, 12 January 2013. – Paper No. TRB 14-4714.
- [5] Zhao X., Yang J., An B., Liu C., Cao Y., Wen Z., Jin X. Determination of Dynamic Amplification Factors for Heavy Haul Railways // Proc. Inst. Mech. Eng. Part F J. Rail Rapid Transit. – 2016. – Vol. 232, P. 514–528.
- [6] Mirzaxidova O. M., Lesov K. S., Kenjaliyev M. K. Yer polotnosi asosiy maydonchasini mahalliy armirlashni hisobga olgan holda rels choklari zonasidagi dinamik kuchlanishlarni hisoblash metodikasi // Journal of Transport Scientific-Technical and Innovation Journal. – 2025. – Vol. 2, Issue 3. – P. 201–204
- [7] Mirzaxidova O. M., Lesov K. S., Kenjaliyev M. K. Experimental studies on reinforcement of the main



platform of the railway roadbed in rail joint zones using geosynthetic materials (geotextile, flat geogrid) // The Scientific Journal of Vehicles and Roads. – 2025. – № 4. – P. 76–81

[8] Мирзахидова О. М., Лесов К. С., Кенжалиев М. К., Мавланов А. Х. Влияние армирования геосинтетическими материалами на перераспределение вертикальных напряжений и повышение устойчивости основания в зоне рельсовых стыков // Journal of Transport Scientific-Technical and Innovation Journal. – 2025. – Vol. 2, Issue 3. – P. 193–196

[9] Положение о системе ведения путевого хозяйства АО «Узбекистон темир йуллари», введенное в действие приказом № 730-Н от 10 декабря 2024 года.

[10] ВСН 354-Н. Ведомственные технические указания по проектированию земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм. Ташкент, 2011. ГАЖК «УТЙ».

[11] Инструкция по устройству и содержанию земляного полотна железных дорог (ЦП-530). – М.: Росжелдор, 2010.

[12] СП 32.13330.2018. Железные дороги колеи 1520 мм. Нормы проектирования. – М.: Минстрой России, 2018.

[13] ГОСТ Р 55050–2012. Материалы геосинтетические. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2012.

[14] Лесов К. С., Абдужабаров А. Х., Кенжалиев М. К. Технология усиления основной площадки земляного полотна в зонах рельсовых стыков с применением

геотекстиля // Известия Транссиба. – 2022. – №4 (52). – С. 106 – 114.

[15] Лесов К.С., Бондаренко А.А., Абдужабаров А.Х., Кенжалиев М.К.-угли. Результаты усиления земляного полотна // *Путь и путевое хозяйство*. – 2024. – № 9. – С. 18–21

[16] Мирзахидова О.М., Лесов, К.С., Уралов А.Ш., Кенжалиев, М.К. Повышение устойчивости пути в зонах рельсовых стыков за счёт применения геосинтетических армирующих материалов// Journal Engineer . -120-122, Special Issue| 2025

Информация об авторах/ Information about the authors

Лесов К.С. Инженерия железных дорог, Ташкентский государственный транспортный университет
E-mail: kuvandikl@mail.ru

Кенжалиев М.К. Инженерия железных дорог, Ташкентский государственный транспортный университет
E-mail: mkenjaliev@mail.ru

Мирзахидова О.М. Инженерия железных дорог, Ташкентский государственный транспортный университет
E-mail: ozoda_27@mail.ru



U. Shermukhamedov, Y. Khakimova

The problem of load combination in earthquake resistance theory ..65

Sh. Normurodov

Monitoring the technical condition of operating transport tunnels.....70

K. Lesov, M. Kenjaliyev, O. Mirzakhidova

Methodology for assessing the dynamic impact of rolling stock on the subgrade and justification for its reinforcement in the area of rail joints.....75

**V. Soy, N. Mukhammadiev, G. Malikov,
D. Tursinaliyev**

Justification of the purposes of using basalt fiber in cement concrete.....80

I. Mirzaev, D. Askarova

Oscillation of a prestressed span structure of a reinforced concrete railway bridge with mass in horizontal motion.....84

U. Rakhmanov, G. Ismailova

Methods for determining soil pressure on underground structures under seismic influence.....89

A. Karimova, M. Abdurasulova

Methodology for Assessing Embodied Carbon in Bridge Structures.....94

Kh. Urazov

Economic efficiency of implementing modern prefabricated reinforced retaining walls.....98

**I. Makhamataliyev, V. Soy, N. Mukhammadiev,
G. Malikov**

Assessment of the block strength of dispersely-armonized basalt fiber, complex-modified small-grain fiber concrete.....105

A. Abdullaev

Identification and Assessment of Critical Spatial Deformations and Internal Force States of Continuous Monolithic Reinforced Concrete Bridges under Strong Seismic Actions Using MiDAS Civil109

**Sh. Nishonboev, Z. Mirzayeva, Kh. Urazov,
A. Abdusattorov**

Optimization of the design of bridge intermediate supports.....112

CONTEXT / MUNDAARIJA