

Способы повышения трещиностойкости и долговечности железобетонных шпал

¹*КАДЕНОВА Зибанур Ахметовна, магистр, преподаватель, kamila9013@gmail.com,

¹БАЗАРОВ Бауыржан Ануарханович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой, b.bazarov@ttu.edu.kz,

²РАХИМОВ Мурат Аманжолович, к.т.н., доцент, rahimov67@mail.ru,

²РАХИМОВ Асхат Муратович, PhD, старший преподаватель, batosh90@mail.ru,

³ЖУМАГУЛОВА Адия Аскарровна, к.т.н., и.о. доцента, zaaskarovna@gmail.com,

¹НАО «Карагандинский индустриальный университет», Казахстан, Темиртау, пр. Республики, 30,

²НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

³НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», Казахстан, Астана, ул. Сатпаева, 2,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Работа посвящена изучению вопроса применения дополнительного армирования спиралью зоны подрельсовой площадки шпалы в качестве одного из способов повышения трещиностойкости и долговечности железобетонных шпал. В статье проведен анализ патентов, посвященных разработке конструкций спиралей разной конфигурации. По результатам проведенного обзора предложен вариант спирали, который отличается тем, что она армирует сразу пространство вокруг 2-х дюбелей и между ними, а высота спирали занимает только половину высоты дюбеля. В целях повышения прочностных характеристик и надежности железобетонной шпалы спираль устанавливается на дюбели (поверх двух дюбелей), создавая дополнительное армирование. Результатом применения спирали является повышение трещиностойкости железобетонного основания в зоне подрельсовой площадки от раскалывающих и радиальных трещин, направленных от входного отверстия дюбеля. Таким образом, полученные в ходе работы результаты представляют интерес для дальнейшего изучения данного вопроса.

Ключевые слова: дюбель, спираль, дополнительное армирование, подрельсовое основание, железобетонная шпала, трещиностойкость.

Введение

Для Казахстана, занимающего 9 место в мире по размерам территории, с транспортом связаны не только перевозки грузов, но и развитие регионов, решение многих социальных проблем, таких как занятость населения, снижение инфляционного давления на цены, повышение качества и уровня жизни людей.

В международном плане решение этих вопросов также востребовано в связи с тем, что развитие транзита и логистики между Востоком и Западом является очень важным вопросом, так как Казахстан расположен на пути всех наземных маршрутов из Азии в Европу, что позволит устранить барьеры для международной перевозки грузов [1].

Для нашей страны развитие отрасли железнодорожного транспорта является одним из важных аспектов экономического и социального развития. Самым главным вопросом при введении высокоскоростных линий является обеспечение безопасности перевозки пассажиров и грузов.

Перспективным направлением является создание выделенных линий для организации

высокоскоростного движения пассажирских и ускоренного движения грузовых поездов – высокоскоростных магистралей.

Для возможности обращения поездов большой скорости требуется прочное устройство пути и наименьшее сопротивление движению.

Важнейшие требования, предъявляемые к верхнему строению пути, сводятся к следующему: все его элементы должны быть прочными и надежными в работе, обеспечивать безопасное движение поездов с установленными максимальными скоростями; оно должно обладать наибольшим сроком службы и быть недорогим в устройстве и содержании [2].

Во время эксплуатации шпалы испытывают сильнейшие динамические нагрузки от колесных пар во время движения поезда, что определяет повышенные требования к качеству бетона шпал и к их конструкционным особенностям. Основным дефектом шпал является образование трещин или разрушение в зоне подрельсовых площадок в процессе эксплуатации [3].

Дефекты шпал подразделяют на следующие

группы: технологические, укладочно-эксплуатационные. К технологическим дефектам можно отнести внешние несоответствия, которые можно обнаружить при визуальном осмотре во время приемки изделий на заводе. Например, откол бетона торцевой части, наличие загрязнений во внутреннем канале дюбеля, крупные раковины на боковых поверхностях изделия. Откол бетона торцевой части происходит вследствие неплавного отпуска предварительного напряжения, а загрязнение канала дюбеля возможно из-за его неплотной фиксации во время установки в форму, крупные раковины свидетельствуют о недостаточном уплотнении бетонной смеси.

К укладочно-эксплуатационным дефектам можно отнести поперечные, продольные трещины в бетоне шпал, также механические повреждения, получаемые во время выгрузки шпал, укладки рельсошпальной решетки на путях. Изучая состояние железобетонных шпал, эксплуатируемых на путях Казахстана, нами был сделан вывод о том, что часто встречающимися дефектами шпал являются: разрушение бетона подрельсовой площадки в верхней зоне (в зоне сжатия); поперечные трещины в средней верхней части шпалы [4].

Касательно технологии производства шпал предлагается осуществить переход на малопрогревную технологию тепловлажностной обработки с температурой изотермической выдержки не более 45°C. Также рекомендуется усилить бетон подрельсовой площадки шпалы путем дополнительного армирования в районе дюбеля. Данные изменения направлены на увеличение долговечности конструкции и назначенного ресурса шпалы. В странах Европы имеется многолетний опыт производства шпал из высокомарочного бетона. Европейские нормы рекомендуют снизить температуру изотермической выдержки до 40°C и, в некоторых случаях, перейти к беспрогревной технологии. На заводах Казахстана в большинстве случаев этот показатель достигает 70°C.

Тепловлажностная обработка играет (наряду с выбранными материалами) важную роль в твердении бетона, наборе его механической прочности, фазовых превращениях цементного геля и цементного камня и в конечном счете получении бетона надлежащего качества. Дополнительное армирование зоны подрельсовой площадки направлено на то, чтобы уменьшить вероятность вырыва дюбеля во время упругой работы рельсовых креплений во время динамических циклических нагрузок [4].

Появление нового высокоэффективного класса пластифицирующих добавок (гиперпластификаторов) позволяет перевести в практическую область решение задачи обеспечения достижения бетоном передаточной прочности уже в 12 часов и, следовательно, отказаться или свести к минимуму тепловую обработку твердеющего бетона на предприятиях по производству шпал из предварительно напряженного железобетона.

При шурупно-дюбельной технологии производства шпал закладные элементы на основе полимеров имеют различные с бетоном коэффициенты температурного расширения, что также ослабляет сцепление цементного камня с дюбелем при термовлажностной обработке и может приводить к браку при установке креплений.

Другим очень перспективным направлением совершенствования технологии производства как железобетонных шпал, так и иных бетонных конструкций, также связанным с применением комплексных модификаторов полифункционального действия, является технология самоуплотняющегося бетона, укладываемого без специальных видов уплотнения. Такой бетон готовится из смесей, соответствующих по реологическим свойствам аналогичным свойствам высоковязких ньютоновских жидкостей, и характеризуется высокой прочностью, долговечностью, коррозионной стойкостью, а также упрощением технологии укладки и уплотнения бетонных смесей [5].

Для устранения эксплуатационных и конструктивных недостатков перспективным представляется внедрение технологии дисперсного армирования (фибробетона) при изготовлении железобетонных шпал. При дисперсном армировании возможно увеличение ударной прочности в 7-10 раз, прочности при растяжении – в 2-5 раз, изменяется характер разрушения бетона – из хрупкого он становится вязким, увеличивается трещиностойкость [5].

Методы исследования

Дюбель является закладным элементом железобетонного подрельсового основания, который обеспечивает прикрепление к ним рельсов. Как правило, прикрепление рельса осуществляется посредством прижатия клеммой подошвы рельса к подрельсовому основанию, которое достигается посредством вкручивания в дюбель шурупа. Значительная часть боковой нагрузки от подвижного состава в узле рельсового скрепления, в особенности в кривых участках пути, перераспределяется на шуруп, далее на дюбель и непосредственно на подрельсовое основание. В отдельных случаях (при потере нормируемого усилия прижатия подошвы рельса к подрельсовому основанию, износе прокладки рельсового скрепления, потере клеммой упругих характеристик и т.д.) это может привести к образованию трещин от дюбеля, с их последующим развитием и, как следствие, разрушению железобетонного подрельсового основания. В целях повышения прочностных характеристик и надежности железобетонного подрельсового основания предлагается устанавливать дополнительное армирование дюбеля, посредством монтажа спирали на дюбель [5].

Для усиления зоны подрельсовой площадки шпалы исследователи предлагают варианты дополнительного армирования данной зоны. Конструкция дополнительного армирования в основ-

ном представлена в виде спиралей.

Авторами [6] предлагается спираль (рисунок 1) для армирования дюбеля железобетонного подрельсового основания, выполненная конусообразной из пружинной стали. Техническим результатом полезной модели является повышение жесткости и армирующей способности спирали, а также снижение ее вертикального смещения при установке (вкручивании) дюбеля. В целях повышения прочностных характеристик и надежности железобетонного подрельсового основания предлагается устанавливать дополнительное армирование дюбеля, посредством монтажа спирали на дюбель.

Ближайшим аналогом является решение по международной заявке WO 1999036703, в которой дюбель армирован спиральным элементом цилиндрической формы. Недостатком указанных решений является использование цилиндрического спиралеобразного элемента из неустановленного материала. В частном случае может использоваться сталь 51CrV4. Спирали будут изготавливаться для двух видов креплений: ЖБР и Фоссло (Vossloh, см. патент РФ № 2547332).

Наиболее оптимальным диаметром d прутка спирали для креплений ЖБР и Фоссло при выполнении его круглым в сечении является d от 3,0 до 6,0 мм. Предпочтительным диаметром d_1 является $d_1 = 5$ мм.

Пруток спирали в рабочих витках может быть в сечении как круглым, так и овальным, эллипсообразным, уплощенным, квадратным, прямоугольным.

Число витков n для креплений ЖБР и Фоссло может варьироваться от 5 до 8. Наиболее оптимальное значение $n = 6$.

В целях повышения прочностных характеристик и надежности железобетонного подрельсового основания устройство (спираль) устанавливается на дюбель (поверх дюбеля), создавая дополнительное армирование дюбеля. Дюбель со спиралью помещается в отверстие подрельсового

основания (шпалы, бруса, плиты) [6].

По дополнительному армированию района подрельсовой площадки шпалы проведено немало исследований, стоит отметить патент на полезную модель авторов Магусанова О.К., Арцаблюк Г.В. Авторы [7] предлагают спиралевидное дополнительное армирование отдельно вокруг каждого дюбеля для шпалы, относящейся к типу Ш (под шурупно-дюбельное крепление) по ГОСТ 33320-2015. По мнению авторов, армирование дюбеля в виде спирали позволяет лучше распределять нагрузки и гасить вибрации, возникающие во время динамических нагрузок, препятствуя преждевременному разрушению шпалы.

Авторы Магусанов О.К., Арцаблюк Г.В. [7] предлагают железобетонную шпалу, содержащую дюбели крепежного узла рельсового крепления, состоящие из корпуса с армированием в виде спирали, который содержит верхнее цилиндрическое основание и участок с внутренней и наружной резьбой, при этом спираль упруго крепится, по меньшей мере, одним витком на верхнем цилиндрическом основании корпуса дюбеля.

Технический результат, на достижение которого направлена предлагаемая полезная модель, заключается в повышении надежности и срока службы железобетонной шпалы за счет армирования замоноличенного в шпале дюбеля.

Основные силовые и вибрационные нагрузки в процессе эксплуатации приходятся на верхнюю часть дюбеля. Армирование дюбеля в виде спирали (рисунок 2), закрепленной на его верхнем цилиндрическом основании, позволяет лучше распределять нагрузки и гасить вибрации, препятствуя разрушению шпалы [7].

Авторы Грушин Д.А., Нечаев Р.В. [8] предлагают спираль (рисунок 3) для армирования железобетонного подрельсового основания в зоне установки дюбеля, выполненную в форме песочных часов с уменьшением диаметра в средней части и расширением кверху и книзу в форме конуса.

Техническим результатом полезной модели

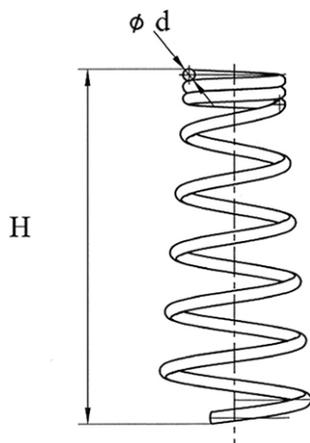


Рисунок 1 – Спираль для армирования дюбеля железобетонного подрельсового основания [6]

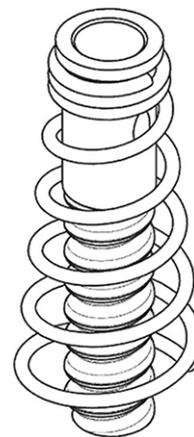


Рисунок 2 – Спираль для армирования дюбеля железобетонного подрельсового основания [7]

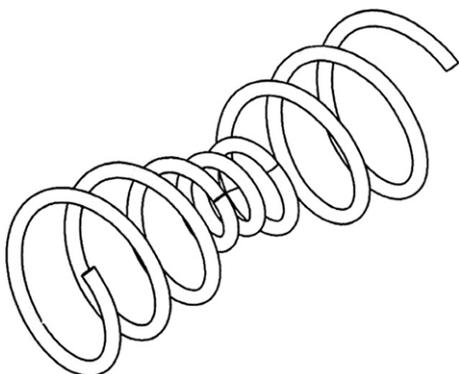


Рисунок 3 – Спираль для армирования железобетонного подрельсового основания в зоне установки дюбеля [8]

является повышение жесткости и армирующей способности спирали, а также снижение ее вертикального смещения при навинчивании на дюбель. Недостатком указанной спирали является недостаточная армирующая способность спирали в верхней части.

Спираль имеет форму песочных часов с уменьшением диаметра d в средней части и расширением кверху и книзу в форме конуса до диаметра D , при этом шаг витков t в средней части спирали равен шагу витков наружной резьбы дюбеля. Данная форма спирали позволяет армировать железобетонное основание за счет того, что верхние витки находятся на определенном расстоянии от дюбеля. В процессе заливки этот промежуток заполняют раствором бетона, который впослед-

ствии затвердевает, что позволяет в зоне установки дюбеля повысить жесткость железобетонной конструкции [8].

Научные результаты

В данной работе предлагаемая нами спираль (рисунок 4) отличается следующими характеристиками:

- выполнена из пружинной стали диаметром 5 мм;

- техническим результатом полезной модели является повышение жесткости и армирующей способности спирали, а также повышение трещиностойкости железобетонного основания в зоне подрельсовой площадки от раскалывающих и радиальных трещин;

- число витков – 3.

В целях повышения прочностных характеристик и надежности железобетонного подрельсового основания устройство (спираль) устанавливается на дюбели (поверх двух дюбелей), создавая дополнительное армирование дюбелей.

В отличие от других полезных моделей, спираль армирует сразу пространство вокруг 2-х дюбелей и между ними, а высота спирали занимает только половину высоты дюбеля.

Сопротивление железобетонных шпал вырыванию из них дюбелей и анкеров изучала в своей статье Омарова Г.А. [9]. По мнению автора, если армировать пространство между рядами арматурных проволок, то значительно возрастает необходимое усилие вырывания дюбеля и разрушается материал дюбеля, а железобетонная шпала остается исправной. Автор предлагает ар-

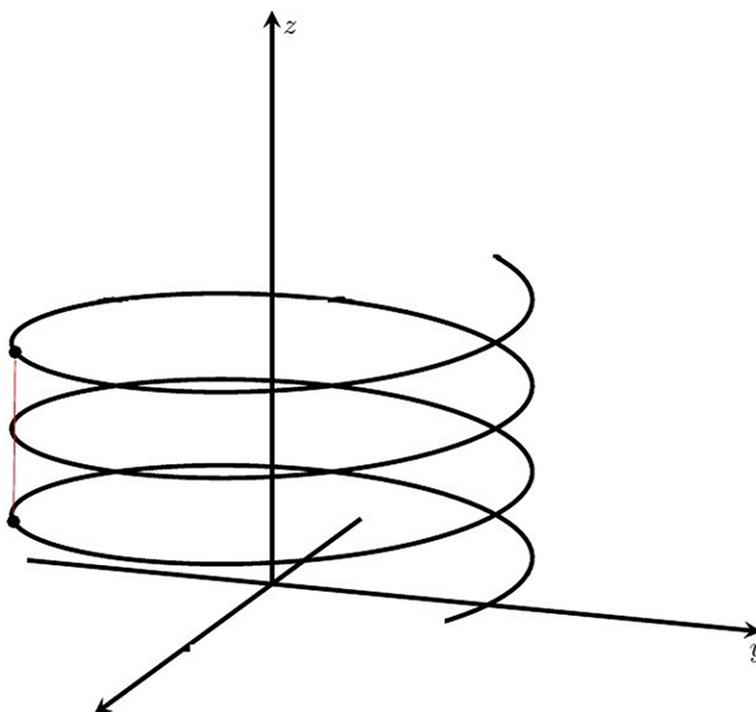


Рисунок 4 – Спираль для дополнительного армирования шпалы в районе дюбеля

мирование зоны дюбеля спиралью диаметром 50 мм и 100 мм. По результатам проведенных экспериментальных работ, усилие вырывания дюбеля превышает нормативно установленное значение в 70 кН и находится в диапазоне от 86 кН до 94 кН.

Технический результат, на достижение которого направлена полезная модель, заключается в повышении трещиностойкости железобетонного основания в зоне подрельсовой площадки от раскалывающих и радиальных трещин, направленных от входного отверстия дюбеля, а также в обеспечении равномерного заполнения бетонной смеси между спиралью и дюбелем, что повышает устойчивость к вырыву дюбеля из железобетонного основания и его долговечность.

Указанный технический результат достигается тем, что предлагается дополнительное армирование для железобетонного подрельсового основания в зоне установки дюбелей промежуточных рельсовых скреплений с железобетонным основанием, применять в виде спирали овальной формы с прикреплением в средней части дюбеля, что позволяет закрепить спираль в рабочей зоне бетонного основания. В результате обеспечивается надежная фиксация спирали на дюбеле при изготовлении железобетонного основания, а именно обеспечивается соосность отверстий и гарантированный симметричный геометрический промежуток между дюбелем и спиралью.

Технический результат достигается установкой спирали в зоне фиксации дюбеля в подрельсовой площадке шпалы. Спираль рассчитана для дюбелей Sdu 25, Sdu 9. Число витков – 3. Выполнена из проволоки стали диаметром 5 мм периодического профиля (с вмятинами). Пруток спирали в рабочих витках в сечении овальный.

Длина развернутой части спирали может быть 1452-1502 мм. Шаг спирали 25 мм. В целях повышения прочностных характеристик и надежности подрельсовой площадки железобетонной шпалы устройство (спираль) устанавливается на дюбели (поверх двух дюбелей), создавая дополнительное армирование зоны вокруг и между дюбелей.

Выводы

В отличие от других полезных моделей, спираль армирует сразу пространство вокруг 2-х дюбелей и между ними, а высота спирали занимает только половину высоты дюбеля. Таким образом, предложенная конструкция спирали позволяет достичь заявленного технического результата.

Кроме того, данным техническим решением достигается облегчение установки спирали путем фиксации на витки внешней резьбы дюбеля, что исключает вертикальное и горизонтальное смещение спирали при виброуплотнении бетона в процессе производства железобетонных шпал на технологических линиях. В процессе заливки промежутка между дюбелем и спиралью заполняется бетонной смесью, представляющей собой вяжущий материал с инертным заполнителем, который впоследствии затвердевает, в результате чего дюбель со спиралью надежно замоноличиваются в железобетонном основании, что повышает долговечность железобетонной конструкции [10].

Считаем, что предлагаемый способ дополнительного армирования в зоне подрельсовой площадки, в комплексе с применением модификаторов бетона, позволит увеличить показатели трещиностойкости и долговечности железобетонных шпал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рахимов М.А., Сулеймбекова З.А. Перспективы применения гиперпластификаторов в технологии изготовления железобетонных шпал // Научно-практическая конференция «Вклад молодежного потенциала в модернизацию Казахстана 3.0». ноябрь 2018 г.
2. Рахимов М.А., Рахимова Г.М., Ткач Е.В., Мудренко В.В. Исследование влияния комплексного модификатора на физико-механические свойства полистиролбетона // Труды университета. 2022. № 1 (86). С. 166-170.
3. Rakhimov M.A., Rakhimova G.M., Suleimbekova Z.A. Modification of concrete railway sleepers and assessment of its bearing capacity International Journal of GEOMATE. 2021. Т. 20. № 77. С. 40-48.
4. Славчева Г.С., Рахимов М.А., Сулеймбекова З.А. Дефекты, возникающие при эксплуатации шпал, и их влияние на долговечность конструкций // Международная научно-практическая онлайн-конференция «Сагиновские чтения № 12», 18-19 июня 2020 г. Ч. 2. С. 491-494.
5. Серенко А.Ф. О совершенствовании технологии производства железобетонных шпал // Известия ПГУПС, 2006/1. С. 111-116.
6. Патент РФ 181430. Спираль для армирования дюбеля железобетонного подрельсового основания / Кузнецов С.П., Старухин И.Н., Магусанов О.К., Арцаблук Г.В. Заявл. 14.11.2017. Оpubл. 13.07.2018. Бюл. № 20.
7. Патент РФ 185598. Железобетонная шпала / Магусанов О.К., Арцаблук Г. В. Заявл. 07.09.2018. Оpubл. 11.12.2018. Бюл. № 35.
8. Патент РФ 199809. Спираль для армирования железобетонного подрельсового основания в зоне установки дюбеля / Грушин Д.А., Нечаев Р.В. Заявл. 14.05.2020. Оpubл. 21.09.2020. Бюл. № 27.
9. Омарова Г.А. Экспериментальное исследование сопротивлений вырыванию анкеров и дюбелей из железобетонных шпал // Материали за VI Международна научна практична конференция «Последние научни постижения – 2010» 17-25 март 2015; том 19, Технологии, София «БелГрад-БГ» ООД. С. 41-46.
10. Патент на полезную модель РК № 7473 Спираль для дополнительного армирования подрельсовой площадки железобетонной шпалы в районе дюбеля / Рахимов М.А., Каденова З.А. Заявл. 02.06.2022.

Темірбетон шпалдарының жарықтар пайда болуына төзімділігі мен беріктігін арттыру жолдары

¹*КАДЕНОВА Зибанур Ахметовна, магистр, оқытушы, kamila9013@gmail.com,

¹БАЗАРОВ Бауыржан Ануарханович, т.ғ.д., профессор, кафедра меңгерушісі, b.bazarov@tttu.edu.kz,

²РАХИМОВ Мурат Аманжолович, т.ғ.к., доцент, rahimov67@mail.ru,

²РАХИМОВ Асхат Муратович, PhD, аға оқытушы, batosh90@mail.ru,

³ЖУМАГУЛОВА Адия Аскарровна, т.ғ.к., доцент м.а., zaaskarovna@gmail.com,

¹«Қарағанды индустриялық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Теміртау, Республика даңғылы, 30,

²«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды,

Н. Назарбаев даңғылы, 56,

³«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Астана, Сәтпаев көшесі, 2,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жұмыс темірбетон шпалдарының жарықтар пайда болуына төзімділігі мен беріктігін арттырудың тәсілдерінің бірі ретінде шпалдардың рельс асты аймағын спиральмен қосымша арматуралауды қолдану мәселесін зерттеуге арналған. Мақалада әр түрлі конфигурациядағы спиральдардың дизайнын жасауға арналған патенттерге талдау жасалды. Шолу нәтижелері бойынша спираль нұсқасы ұсынылған, ол бірден 2 дюбельдің айналасындағы және олардың арасындағы кеңістікті күшейтетіндігімен ерекшеленеді, сонымен қатар спиральдың биіктігі дюбельдің биіктігінің жартысын ғана алады. Темірбетон шпалдарының беріктігі мен сенімділігін арттыру үшін спираль дюбельдерге (екі дюбельдің үстіне) орнатылып, дюбельдерге қосымша арматура жасалады. Спиральды қолданудың нәтижесі темірбетон негізінің рельс астындағы аймақта дюбельдің кіреберіс тесігінен бағытталған жарықтар мен радиалды жарықтардан жарыққа төзімділігін арттыру болып табылады. Осылайша, жұмыс барысында алынған нәтижелер осы мәселені одан әрі зерттеуге қызығушылық тудырады.

Кілт сөздер: дюбель, спираль, қосымша арматуралау, рельс астындағы негіз, темірбетон шпалы, жарықтардың пайда болуына төзімділік.

Ways to Increase the Crack Resistance and Durability of Reinforced Concrete Sleepers

¹*KADENOVA Zibanur, Master, Teacher, kamila9013@gmail.com,

¹BAZAROV Bauyrzhan, Dr. of Tech. Sci., Professor, Head of Department, b.bazarov@tttu.edu.kz,

²RAKHIMOV Murat, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, rahimov67@mail.ru,

²RAKHIMOV Askhat, PhD, Senior Lecturer, batosh90@mail.ru,

³ZHUMAGULOVA Adiya, Cand. of Tech. Sci., Acting Associate Professor, zaaskarovna@gmail.com,

¹NCJSC «Karaganda Industrial University», Kazakhstan, Temirtau, Republic Avenue, 30,

²NPJSC «Abylqas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

³NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Kazakhstan, Astana, Satpayev Street, 2,

*corresponding author.

Abstract. The work is devoted to the study of the use of additional spiral reinforcement of the area of the sleeper sub-rail platform as one of the ways to increase the crack resistance and durability of reinforced concrete sleepers. The article analyzes patents devoted to the development of designs of spirals of different configurations. According to the results of the review, a spiral variant is proposed, which differs in that it immediately reinforces the space around 2 dowels and between them, and the height of the spiral occupies only half the height of the dowel. In order to increase the strength characteristics and reliability of reinforced concrete sleepers, the spiral is mounted on dowels (on top of two dowels), creating additional reinforcement of dowels. The result of the spiral application is an increase in the crack resistance of the reinforced concrete base in the area of the sub-rail platform from splitting and radial cracks directed from the inlet of the dowel. Thus, the results obtained in the course of the work are of interest for further study of this issue.

Keywords: dowel, spiral, additional reinforcement, sub-rail base, reinforced concrete sleeper, crack resistance.

REFERENCES

1. Rahimov M.A., Sulejmbekova Z.A. Perspektivy primeneniya giperplastifikatorov v tehnologii izgotovleniya zhelezobetonnyh shpal // Nauchno-prakticheskaja konferencija «Vklad molodezhnogo potencijala v modernizaciju Kazahstana 3.0». nojabr' 2018 g.
2. Rahimov M.A., Rahimova G.M., Tkach E.V., Mudrenko V.V. Issledovanie vlijanija kompleksnogo modifikatora na fiziko-mehaničeskie svojstva polistirolbetona // Trudy universiteta. 2022. No. 1 (86). Pp. 166-170.
3. Rakhimov M.A., Rakhimova G.M., Sulejmbekova Z.A. Modification of concrete railway sleepers and assessment of its bearing capacity. International Journal of GEOMATE. 2021. T. 20. No. 77. Pp. 40-48.
4. Slavčeva G.S., Rahimov M.A., Sulejmbekova Z.A. Defekty, vznikajushhie pri jekspluatácii shpal, i ih vlijanie na dolgovečnost' konstrukcij // Mezhdunarodnaja nauchno-praktičeskaja onlajn-konferencija «Saginovskie čtenija No. 12», 18-19 iunja 2020 g. Čh. 2. Pp. 491-494.
5. Serenko A.F. O sovershenstvovanii tehnologii proizvodstva zhelezobetonnyh shpal // Izvestija PGUPS, 2006/1. Pp. 111-116.
6. Patent RF 181430. Spiral' dlja armirovanija djubelja zhelezobetonnogo podrel'sovogo osnovanija. Kuznecov S.P., Staruhin I.N., Magusanov O.K., Arcabljuk G.V. Zajavl. 14.11.2017. Opubl. 13.07.2018. Bjul. No. 20.
7. Patent RF 185598. Zhelezobetonnaja shpala / Magusanov O.K., Arcabljuk G.V. Zajavl. 07.09.2018. Opubl. 11.12.2018. Bjul. No. 35.
8. Patent RF 199809. Spiral' dlja armirovanija zhelezobetonnogo podrel'sovogo osnovanija v zone ustanovki djubelja / Grushin D.A., Nechaev R.V. Zajavl. 14.05.2020. Opubl. 21.09.2020. Bjul. No. 27.
9. Omarova G.A. Jeksperimental'noe issledovanie soprotivlenij vyryvaniju ankerov i djubelej iz zhelezobetonnyh shpal. Materiali za VI Mezhdunarodna nauchna praktična konferencija «Poslednie nauchni postizhenija – 2010» 17-25 mart 2015; tom 19, Tehnologii, Sofija «BelGrad-BG» OOD. Pp. 41-46.
10. Patent na poleznuju model' RK No. 7473 Spiral' dlja dopolnitel'nogo armirovanija podrel'sovoj ploshhadki zhelezobetonnoj shpaly v rajone djubelja. Rahimov M.A., Kadenova Z.A. Zajavl. 02.06.2022.