

Методика оптимизации процесса проектирования дорожных одежд с использованием асфальтогранулята

М.М. Девятков, В.Ю. Тянь, А.В. Журавлев

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Предложена методика разработки системы типовых экологически и экономически эффективных конструкций дорожных одежд, позволяющая оптимизировать процесс проектирования дорожных одежд с использованием асфальтогранулята для проектирования капитального ремонта дорожных одежд.

Ключевые слова: холодная регенерация, дорожная одежда, типовой проект, автомобильная дорога, проектирование, строительство, асфальтогранулят.

В проекте транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2035 одной из приоритетных задач является доведение доли дорожной сети городских агломераций, находящихся в нормативном состоянии до 85 % к 2024 году, а автомобильных дорог регионального значения - до 50,9% к 2024 году и до 85% к 2035 году. Это потребует резкого увеличения объёма работ по ремонту и модернизации автомобильных дорог, что приведёт к увеличению более чем в два раза количества асфальтогранулята, вырабатываемого в процессе производства работ.

Так, расчёты показывают, что на 1 километр участка автомобильной дороги 3 технической категории после фрезерования асфальтобетонного слоя толщиной 12 см. образуется асфальтогранулят объёмом 840 м³. При этом, как вид отхода, асфальтогранулят относится к IV классу опасности, что подразумевает нарушение экологической системы с периодом самовосстановления более 3 лет, что требует в соответствии с СанПиН 2.1.7.1322–03, целого ряда дорогостоящих мероприятий по предотвращению негативного воздействия на окружающую среду.

Избежать таких мероприятий возможно путём использования асфальтогранулята в дорожном строительстве методами холодной регенерации, различные способы применения материала рассматриваемым

методом приведены в соответствующих источниках [1-3]. Опыт применения различных технологий и целей использования асфальтогранулята в конструкциях дорожных одежд нашёл достаточно широкое и разнообразное применение, этому свидетельствует информация, представленная в ряде работ [4,5].

Вместе с тем до настоящего времени нет обоснованной, детальной систематизации различных видов конструкций дорожных одежд с использованием метода холодной регенерации в зависимости от их функционального назначения, что препятствует широкому внедрению эффективного использования асфальтогранулята. Об этом также свидетельствует отсутствие таких решений в действующих методических рекомендациях ОДМ 218.2.022-2012 и альбоме типовых конструкций нежестких дорожных одежд ОДМ 218.2.104 – 2019.

В связи с этим представляется целесообразной разработка методики оптимизации процесса проектирования дорожных одежд, с использованием асфальтогранулята, направленного на разработку системы типовых конструкций дорожных одежд с использованием асфальтогранулята методом холодной регенерации, на основе применения экологически и энергоэффективных материалов [6].

В качестве теоретических предпосылок для обоснования такой методики предложено использовать экосистемный подход к инженерной деятельности и основы теории модернизации сети автомобильных дорог городов [7,8]. В соответствии с ними улично-дорожная сеть (далее УДС) муниципальных образований представлена, как многоуровневая, многокомпонентная система на пяти иерархических уровнях. Рассматриваемая система представлена на рис. 1.



Рис. 1. Ранжирование элементов подсистемы «улично-дорожная сеть муниципальных образований», на пяти иерархических уровнях

При этом она рассматривается, как комплексный объект техносферы, в котором на наноуровне находятся материалы, используемые для элементов УДС, подходов к искусственным сооружениям и другим дорожным объектам (далее ДО), в том числе и дорожным одеждам (рис. 1), требующий системного подхода к процессу его проектирования.

Исходя из вышеперечисленного, предложена логическая модель формирования методики обоснования типовых проектных решений по восстановлению транспортно-эксплуатационных характеристик покрытия с использованием холодной регенерации на основе обобщения имеющегося опыта использования асфальтогранулята [9-11]. Она включает в себя функциональную классификацию асфальтогранулобетона (далее АГБ), систематизацию различных видов добавок в АГБ, методику сбора и анализа исходных данных, методику подбора состава асфальтогранулобетонной смеси (далее АГБС) и проектирования конструкции дорожной одежды для формирования альбома типовых решений, разработку общих рекомендаций и разработку алгоритма использования типовых решений, формирование альбома типовых решений (рис. 2).

В разработанной теории [8] функциональную классификацию ДО в общем виде предлагается выполнять на основе их группирования по следующим трем группам внутривидовых признаков (P1, P2, P3) представленным на рис. 3.



Рис. 2. Логическая модель формирования методики обоснования типовых проектных решений дорожных одежд с использованием холодного асфальтогранулобетона



Рис. 3. Группировка свойств дорожных объектов по характерным признакам для выполнения их функциональной классификации

Для решения задачи по разработке предлагаемой методологии оптимизации процесса проектирования дорожных одежд с использованием

асфальтогранулята в качестве дорожных объектов выступает асфальтогранулятобетон. Для функционального разделения АГБ на характерные группы по их целевому назначению, выделены следующие признаки:

1. К функциональным признакам относится целевое использование АГБ. Он может выполнять следующие функции: покрытия (на дорогах с низкой интенсивностью движения), верхнего или нижнего слоя основания, основания в целом. Эти признаки описывает выражение:

$$P_1 = P_1(\{X_i\}, \{Y_i\}, \{Z_i\}, \{K_i\}), \quad (1)$$

где X_i — восприятие нагрузки; Y_i — водопроницаемость и водостойкость; Z_i — срок службы; K_i — перераспределение нагрузки на соседние слои дорожной одежды.

От этих признаков зависят такие параметры, как прочность, водостойкость, морозостойкость, износостойкость и шероховатость АГБ в покрытии.

2. К геометрическим признакам относятся критерии, характеризующие гранулометрический состав АГБ. Эти признаки описывает выражение:

$$P_2 = P_2(\{X_j\}, \{Y_j\}, \{Z_j\}, \{K_j\}), \quad (2)$$

где X_j — характерные размеры зернового состава АГБ; Y_j — состав минеральной смеси АГБ; Z_j — пористость; K_j — количественные и качественные характеристики добавок.

Эти признаки влияют на прочность, водостойкость, морозостойкость, износостойкость и шероховатость.

3. К признакам прилегающего пространства, в данном случае, относятся расчётные нагрузки от подвижного состава и прилегающих конструктивных слоёв дорожной одежды, погодные-климатические условия и окружающая среда, влияющие и находящиеся во взаимосвязи с технологией устройства и

работой конструкции дорожной одежды с использованием АГБ. Эти признаки описывает выражение:

$$P_3 = P_3(\{X_k\}, \{Y_k\}, \{Z_k\}), \quad (3)$$

где X_k — расчётные нагрузки; Y_k — сдвигоустойчивость; Z_k — погодноклиматические условия и окружающая среда.

Использование предложенных подходов позволило провести систематизацию типов вяжущего (рис. 4) и разработать логическую модель выполнения функциональной классификации дорожных одежд с применением АГБ (рис. 5). Это позволит вырабатывать обоснованные дифференцированные подходы к разработке типовых конструкций дорожных одежд, имеющие систему обоснованных критериальных и оценочных показателей, необходимых для обоснования использования предлагаемых конструкций в качестве типовых (рис. 3).

			Тип вяжущего					
			А без добавления вяжущего	Э с добавлением битумной эмульсии	В с добавлением вспененного битума	Б с добавлением разогретого битума	М с добавлением минерального вяжущего	К с добавлением комплексного вяжущего
Добавление битума	Дорожно климатическая зона	I	-	БНД 90/130 БНД 130/200	БНД 130/200	БНД 200/300 СГ; МГ МГО 130/200	-	БНД 90/130 БНД 130/200
		II, III	-	БНД 60/90 БНД 90/130	БНД 90/130 БНД 130/200	БНД 200/300 СГ; МГ МГО 130/200	-	БНД 60/90 БНД 90/130
		IV, V	-	БНД 60/90 БНД 90/130	БНД 60/90 БНД 90/130	БНД 130/200 СГ; МГ МГО 70/130 МГО 130/200	-	БНД 60/90 БНД 90/130
Добавление эмульсии, портландцемента			-	ЭБК-2 ЭБК-3 ЭБА-2 ЭБА-3	-	-	Портландцемент марки не ниже М400	Портландцемент марки не ниже М400 ЭБК-3
Добавление воды			+	+	+	-	+	+

Рис. 4. – Систематизация типов вяжущего



Рис. 5. –Логическая модель выполнения функциональной классификация асфальтогранулобетона

Разработка методики подбора состава АГБС, проектирования и сравнительного анализа конструкций дорожной одежды для формирования альбома типовых решений выполнена с использованием современной системы автоматизированного проектирования от российской компании «Индорсофт» [12]. На основе этих расчётов формируют альбом типовых конструкций дорожных одежд, с применением метода холодной регенерации.

Выводы:

1. Предложенная методика оптимизации процесса проектирования дорожных одежд с использованием асфальтогранулята базируется на теоретических положениях экосистемного подхода к инженерной деятельности и основах теории модернизации сети автомобильных дорог городов и направлена на разработку системы типовых экологически и экономически эффективных конструкций дорожных одежд.
2. Оптимизация процесса проектирования достигается за счёт минимизации трудозатрат и упрощения обоснованного выбора конструкций дорожных одежд, с применением асфальтогранулобетона, который даёт существенный экологический и экономический эффект по сравнению с традиционными проектными решениями для капитального ремонта дорожных одежд.
3. Типовой альбом конструкций дорожных одежд с применением асфальтогранулобетона для капитального ремонта дорожных одежд, позволит систематизировать и унифицировать проектные решения. Наличие таких решений упростит процедуру их внедрения, сократит сроки выполнения проектных работ. Кроме того, это позволит проектным организациям, не имеющим необходимого программного обеспечения, или специалистов с достаточным опытом работы по применению холодной регенерации, выполнять данный вид работ.

Литература

1. Бахрах Г.С. Свойства асфальтогранулобетона (АГБ) – продукта холодной регенерации дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием // Науч.-техн. информ. сб. / Информавтодор. – М., 1999. – Вып. 12. – 32 с.
2. Горнаев Н.А., Никишин В.Е., Кочетков А.В. Холодный регенерированный асфальт // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 1 (26). С. 112–116.
3. Способ холодной регенерации слоев дорожной одежды (варианты): пат. 2232841 Рос. Федерация. / Бахрах Г.С. заявл. 29.01.2003; опубл. 20.07.2004. Бюл. № 03.
4. Долгилевич Ю.П., Костельов М.П., Хаккерт Ян. Опыт применения технологии холодной регенерации дорожных покрытий в США // Дорожная техника. 2005. № 1. URL: library.stroit.ru/articles/coldreg/index.html.
5. Wirtgen. Технология холодного ресайклинга. Windhagen, Germany: Wirtgen Windhagen. 2012. 370 с. URL: media.wirtgen-group.com/media/02_wirtgen/infomaterial_1/kaltrecycler/kaltrecycling_technologie/kaltrecycling_handbuch/___RU.pdf.
6. Kanhal P.S., R.B. Mallick. Development of rational and practical mix design system for full depth reclaimed (FDR) mixes. University of New Hampshire. Final Report. 2002, pp. 1–103.
7. Цернант А. А. Экосистемный подход к инженерно-строительной деятельности (транспортное строительство) // Сборник трудов ЦНИИС. Философия транспортного строительства, 2010, № 255. С. 5-28.
8. Девятов М.М. Основы теории модернизации сети автомобильных дорог городов. // Наука и техника в дорожной отрасли. 2010. № 4. С. 10-15.
9. Туренко Ф.П., Филатов С.Ф., Шипицын В.В. Повышение эффективности и экологичности ремонта дорожных асфальтобетонных покрытий путем их холодной регенерации с использованием

медленнотвердеющих минеральных и органических добавок. // Омский научный вестник, 2006, №3 (36). URL: cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-i-ekologichnosti-remonta-dorozhnyh-asfaltobetonnyh-pokrytiy-putem-ih-holodnoy-regeneratsii-s-ispolzovaniem.

10. Черных Д.С., Строев Д.А., Задорожний Д.В. Оценка влияния количества асфальтогранулята и технологии его подачи на свойства приготавливаемых асфальтобетонных смесей. // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_55_Chernyh.pdf_2197.pdf.

11. Humer B. Longitudinal joints // The magazine of asphalt institute. – 2021. – Vol. 36, № 1. – pp. 31 – 48.

12. Филатова А.В., Дормидонтова Т.В., Кистинева А.О. Строительство автомобильной дороги М-11 с применением системы INDORCAD/ROAD. // Инженерный вестник Дона, 2016, №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_96_filatova_dormidontova_cisteneva.pdf_ff2e3140b5.pdf.

References

1. Bahrah G.S. Informavtodor. М., 1999. Вып. 12. p. 32.
2. Gornaev N.A., Nikishin V.E., Kochetkov A.V. Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta. 2007. Т. 3. № 1 (26). pp. 112–116.
3. Sposob holodnoj regeneracii sloev dorozhnoj odezhdy (varianty) [Method of cold regeneration of pavement layers (options)]. pat. 2232841 Ros. Federacija. Bahrah G.S. zajavl. 29.01.2003; opubl. 20.07.2004. Вjul. № 03.
4. Dolgilevich Ju.P., Kostel'ov M.P., Hakkert Jan. Dorozhnaja tehnika. 2005. № 1. URL: library.stroit.ru/articles/coldreg/index.html.
5. Wirtgen. Tehnologija holodnogo resajklinga [Cold recycling technology]. Windhagen, Germany: Wirtgen Windhagen. 2012. 370 p. URL: media.wirtgen-group.com/media/02_wirtgen/infomaterial_1/kaltrecycler/kaltrecycling_technologie/kaltrecycling_handbuch/___RU.pdf.



6. Kanhal P.S., R.B. Mallick. Development of rational and practical mix design system for full depth reclaimed (FDR) mixes. University of New Hampshire. Final Report. 2002, pp. 1–103.
7. Cernant A. A. Sbornik trudov CNIIS. Filosofija transportnogo stroitel'stva, 2010, № 255. pp. 5-28.
8. Devjatov M.M. Nauka i tehnika v dorozhnoj otrasli. 2010. № 4. pp. 10-15.
9. Turenko F.P., Filatov S.F., Shipicyn V.V. Omskij nauchnyj vestnik, 2006. №3 (36).URL: cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-i-ekologichnosti-remonta-dorozhnyh-asfaltobetonnyh-pokrytij-putem-ih-holodnoy-regeneratsii-s-ispolzovaniem.
10. Chernyh D.S., Stroev D.A., Zadorozhnij D.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_55_Chernyh.pdf_2197.pdf.
11. Humer B. Longitudinal joints. The magazine of asphalt institute. 2021. Vol. 36, № 1. pp. 31 – 48.
12. Filatova A.V., Dormidontova T.V., Kistineva A.O. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016, №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_96_filatova_dormidontova_cisteneva.pdf_ff2e3140b5.pdf.