

С.А. Чудинов

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ ФИБРОЦЕМЕНТОГРУНТА

Введение. Эффективность функционирования лесозаготовительной отрасли зависит от надежности работы транспортной инфраструктуры, одним из основных элементов которой являются лесовозные автомобильные дороги. Лесовозные автомобильные дороги должны обеспечивать транспортно-эксплуатационные характеристики в течение всего срока их службы. Учитывая сложные природные условия лесной зоны и высокие транспортные нагрузки, данных характеристик возможно достичь только при условии устройства конструкций дорожных одежд и применения дорожно-строительных материалов, соответствующих требуемым параметрам на основании прочностных расчетов. При этом стоимость строительно-монтажных работ устройства дорожных одежд должна быть минимальной. Поэтому поиск эффективных, ресурсосберегающих и экономичных дорожно-строительных материалов для строительства автомобильных дорог в условиях лесной зоны является актуальным.

Традиционными дорожно-строительными материалами для устройства слоев оснований и покрытий лесовозных автомобильных дорог являются инертные материалы – щебень и песок. Однако конструкции дорожных одежд из каменных материалов требуют использования значительных их объемов, что, с учетом затрат на их транспортировку, существенно увеличивает стоимость строительно-монтажных работ в целом. Особенно актуальна данная проблема в районах с недостатком каменных материалов [Chudinov, 2020].

Одной из альтернативных технологий является строительство конструктивных слоев лесовозных автомобильных дорог из укрепленных грунтов [Лыщик и др., 2013; Степанец и др., 2020; Cho et al., 2019]. Современным направлением технологии укрепления грунтов является устройство дорожных одежд из фиброцементогрунта [Чудинов, 2022]. Фиброцементогрунт – это композиционный материал, получаемый при смешении местного природного грунта с добавками портландцемента, волокнами фибры и воды. Высокие физико-механические показатели, морозостойкость, трещиностойкость и долговечность позволяют применять фиброцементогрунт в

слоях оснований и покрытий дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог [Ali et al., 2020; De Jesús Arrieta Baldovino et al., 2020; Elkhebu et al., 2019; Vijayan, 2020]. Применение фиброцементогрунта является экономически выгодным ввиду того, что основным компонентом данного материала является местный природный грунт земляного полотна, стоимость и затраты на транспортировку которого не будут учитываться при расчете сметной стоимости устройства конструктивных слоев дорожных одежд.

Целью исследования является оценка технико-экономической эффективности строительства лесовозных автомобильных дорог из фиброцементогрунта в сравнении с использованием инертных материалов, с учетом их стоимости и транспортно-логистической схемы доставки.

Методика исследования. Оценка технико-экономической эффективности производилась путем расчета и сравнения сметной стоимости строительства 1 км равнопрочных конструкций дорожных одежд лесовозной автомобильной дороги III-л категории, выполненных из фиброцементогрунта и инертных материалов (щебень и песок) в зависимости от транспортно-логистической схемы их доставки.

Исследование проводилось в приведенной ниже последовательности:

1. Расчет конструкций дорожных одежд из фиброцементогрунта и инертных материалов (щебень и песок) с целью приведения их к единым прочностным показателям для лесовозной автомобильной дороги III-л категории;
2. Расчет объемов работ по устройству конструкций дорожных одежд из фиброцементогрунта и инертных материалов (щебень и песок) лесовозной автомобильной дороги III-л категории протяженностью 1 км;
3. Разработка вариантов транспортно-логистической схемы доставки дорожно-строительных материалов для устройства конструкций дорожных одежд из фиброцементогрунта и инертных материалов (щебень и песок);
4. Расчет сметной стоимости устройства конструкций дорожных одежд из фиброцементогрунта и инертных материалов (щебень и песок) лесовозной автомобильной дороги III-л категории протяженностью 1 км по вариантам транспортно-логистической схемы доставки дорожно-строительных материалов.

Для приведения рассматриваемых конструкций дорожных одежд к единым прочностным показателям, в программном комплексе «КРЕДО РАДОН 4.2» произведен расчет по методике ПНСТ 542-2021¹ для условий Свердловской области. Параметры исходных данных представлены в табл. 1.

¹ ПНСТ 542-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования.

Таблица 1

Исходные данные для расчета дорожных одежд**Initial data for calculating road pavements**

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	Дорожно-климатическая зона	2
2	Схема увлажнения рабочего слоя	2
3	Количество расчетных дней в году	140
4	Глубина промерзания, см	200
5	Категория дороги	III-л
6	Количество полос движения	1
7	Тип конструкции дорожной одежды	переходный
8	Срок службы покрытия, лет	5
9	Межремонтный срок покрытия, лет	3
10	Коэффициент надежности	0,82
11	Ширина проезжей части, м	5,5
12	Грунт рабочего слоя	Суглинок легкий
13	Расчетная влажность грунта, доли ед.	0,710
14	Нормативная статистическая нагрузка на ось, кН	117,70
15	Давление в шинах, МПа	0,60
16	Диаметр штампа, см	40,29
17	Расчетное число приложений на полосу приведенной нагрузки на последний год службы, ед./сут.	398,92

Параметры равнопрочных конструкций дорожных одежд из фиброцементогрунта и инертных материалов (щебень и песок) представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Параметры конструкции дорожной одежды из фиброцементогрунта**Design parameters of road pavement made of fiber cement soil**

№ слоя	Наименование материала слоя	Расчетная толщина слоя, см
1	Фиброцементогрунт, марка по прочности М60, ГОСТ 70452-2022 ²	63
2	Суглинок легкий	–
Суммарная толщина конструкции		63

² ГОСТ 70452-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими.

Таблица 3

Параметры конструкции дорожной одежды из песка и щебня
Design parameters for road pavement made of sand and crushed stone

№ слоя	Наименование материала слоя	Расчетная толщина слоя, см
1	Щебень трудноуплотняемый фракции 31,5-63 мм по ГОСТ 32703-2014 ³ мм с заклинкой фракционным мелким щебнем	26
2	Щебень трудноуплотняемый фракции 31,5-63 мм по ГОСТ 32703-2014 мм с заклинкой фракционным мелким щебнем	30
3	Песок средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции 5% ГОСТ 32824-2014 ⁴	20
4	Суглинок легкий	-
Суммарная толщина конструкции		76

На основании приведенных значений толщин слоев рассчитаны показатели объемов работ по устройству конструкций дорожных одежд из фиброцементогрунта и инертных материалов (щебень и песок) лесовозной автомобильной дороги III-л категории протяженностью 1 км, представленные в табл. 4 и 5.

Подбор рецепта фиброцементогрунтовой смеси с содержанием портландцемента ЦЕМ II/В-И 32,5Б по ГОСТ 31108-2020⁵ – 7% от массы сухого грунта и фибры на основе базальтовых волокон, полученных из отходов производства теплоизоляционных плит – 1,5% от массы сухого грунта, производился в соответствии с ГОСТ 70452-2022⁶.

Расчет сметной стоимости устройства конструкций дорожных одежд произведен в зависимости от различных вариантов транспортно-логистической схемы доставки дорожно-строительных материалов. В расчет приняты следующие значения среднего расстояния возки дорожно-строительных материалов от места производства (поставщика) до места строительства дорожной одежды:

- щебень, портландцемент: 30 км; 50 км; 100 км; 150 км; 200 км; 250 км; 300 км; 350 км; 400 км; 450 км; 500 км.
- песок, базальтовая фибра: 30 км; 100 км; 200 км; 300 км; 400 км; 500 км.

³ ГОСТ 32703-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования.

⁴ ГОСТ 32824-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный. Технические требования.

⁵ ГОСТ 31108-2020 ГОСТ 31108-2020 Цементы общестроительные. Технические условия.

⁶ ГОСТ Р 70452-2022 Дороги автомобильные общего пользования. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия.

Таблица 4

Значения объемов работ по устройству конструкции дорожной одежды из фиброцементогрунта

Values of the volume of work for the construction of road pavement structures made of fiber cement soil

№ п/п	Наименование работ	Ед. измерения	Объем
1	Разработка грунта 2 группы бульдозером мощностью 79 кВт с перемещением до 10 м	м ³	2310
2	Укрепление грунта толщиной 21 см смешением с портландцементом и с базальтовой фиброй навесными фрезами (масса портландцемента = 161122,5 кг; масса базальтовой фибры = 62658,75 кг)	м ²	5500
3	Укрепление грунта толщиной 21 см смешением с портландцементом и с базальтовой фиброй навесными фрезами (масса портландцемента = 161122,5 кг, масса базальтовой фибры = 62658,75 кг)	м ²	5500
4	Укрепление грунта толщиной 21 см смешением с портландцементом и с базальтовой фиброй навесными фрезами (масса портландцемента = 161122,5 кг, масса базальтовой фибры = 62658,75 кг)	м ²	5500

Таблица 5

Значения объемов работ по устройству конструкции дорожной одежды из песка и щебня

Values of the volume of work for the construction of road pavement structures made of sand and crushed stone

№ п/п	Наименование работ	Ед. измерения	Объем
1	Разработка грунта 2 группы бульдозером мощностью 79 кВт с перемещением до 10 м	м ³	1320
2	Устройство дополнительного слоя основания из песка средней крупности	м ²	5500
3	Устройство основания из щебня фр. 31,5-63 мм по ГОСТ 32703-2014 с заклинкой мелким щебнем	м ²	5500
4	Устройство покрытия из щебня фр. 31,5-63 мм по ГОСТ 32703-2014 с заклинкой мелким щебнем	м ²	5500
5	Устройство обочин из разработанного грунта	м ²	2520
		м ³	1320

Расчет сметной стоимости производился базисно-индексным методом с применением федеральной сметно-нормативной базы ФСНБ-2001 в редакции 2020 года (с Изм. 1-9) в программе ГРАНД-Смета в соответствии с Методикой определения сметной стоимости строительства¹⁷, в текущем уровне цен на III квартал 2023 года. В расчет приняты следующие стоимости дорожно-строительных материалов в текущем уровне цен:

- щебень: 2079 руб. на 1 м³;
- песок: 1210 руб. за 1 м³;
- портландцемент: 10000 руб. за 1 тонну;
- базальтовая фибра (фибра на основе базальтовых волокон, полученных из отходов производства теплоизоляционных плит): 3000 руб. за 1 тонну.

Статистический анализ и визуализация результатов расчетов производились в программном комплексе Statistica.

Результаты исследования. Поверхность отклика стоимости работ по устройству дорожной одежды из фиброцементогрунта в зависимости от среднего расстояния возки портландцемента и базальтовой фибры представлена на рис. 1. Минимальная стоимость работ – 9458 тыс. руб. – соответствует расстояниям возки портландцемента и базальтовой фибры до 30 км. При расстоянии возки компонентов фиброцементогрунтовой смеси 500 км, стоимость работ увеличивается на 15% и составляет 10911 тыс. руб. Показатели среднего расстояния возки портландцемента в большей степени чем для базальтовой фибры оказывают влияние на увеличение общей стоимости работ.

Поверхность отклика стоимости работ по устройству дорожной одежды из инертных материалов в зависимости от среднего расстояния возки щебня и песка представлена на рис. 2. Минимальная стоимость работ – 9539 тыс. руб. – соответствует расстояниям возки щебня и песка до 30 км. При расстоянии возки щебня и песка 500 км, стоимость работ увеличивается на 233% и составляет 31811 тыс. руб. Показатели среднего расстояния возки щебня оказывают влияние на увеличение общей стоимости работ в большей степени, чем для песка.

¹⁷ Методика определения сметной стоимости строительства, утвержденной Приказом Минстроя России от 04.08.2020 № 421/пр в редакции приказа от 07.07.2022 № 557/пр

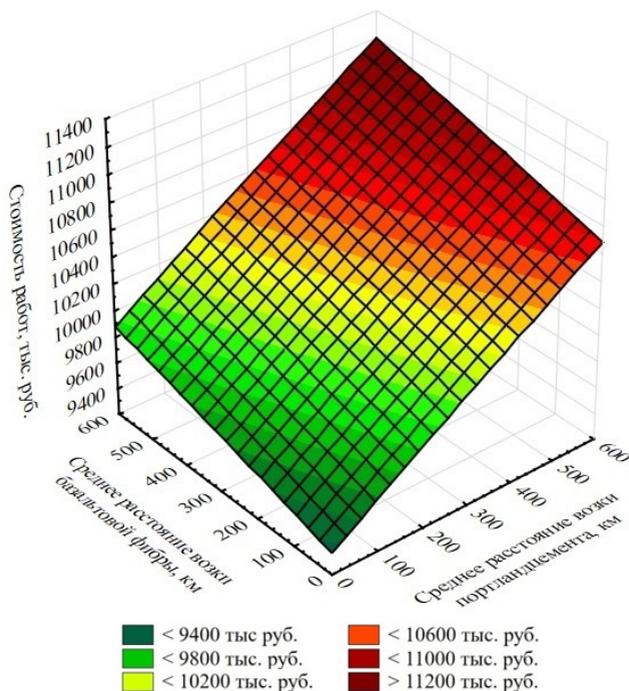


Рис. 1. Поверхность отклика стоимости работ по устройству дорожной одежды из фиброцементогрунта в зависимости от среднего расстояния возки портландцемента и базальтовой фибры

Fig. 1. Response surface of the cost of construction of road pavement from fiber-cement soil depending on the average distance of transportation of Portland cement and basalt fiber

Обсуждение. На основании результатов проведенных исследований, среднее расстояние возки дорожно-строительных материалов оказывает влияние на общую стоимость строительства дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог. При расстоянии до 30 км общая стоимость строительства в целом одинакова при устройстве конструкции дорожной одежды из инертных материалов (щебень, песок) или из фиброцементогрунта. Однако, при увеличении дальности возки дорожно-строительных материалов, технико-экономическая эффективность использования фиброцементогрунта становится более выраженной по отношению к инертным материалам. Так, при средней дальности возки 500 км стоимость строительства 1 км дорожной одежды из щебня и песка составляет 31811 тыс. руб., а из фиброцементогрунта – 10911 тыс. руб., т. е. в 2,92 раза дешевле.

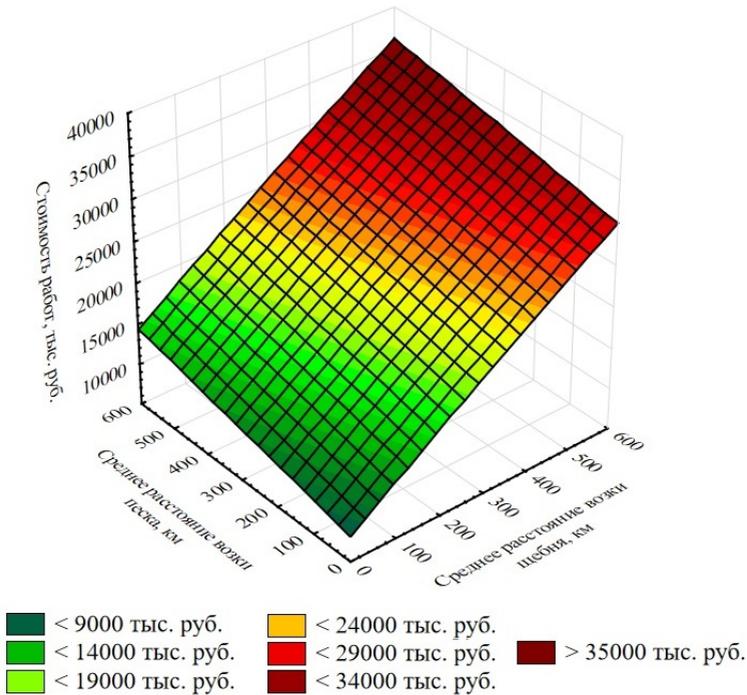


Рис. 2. Поверхность отклика стоимости работ по устройству дорожной одежды из инертных материалов в зависимости от среднего расстояния возки щебня и песка

Fig. 2. Response surface of the cost of work on constructing road pavement from inert materials depending on the average distance of transporting crushed stone and sand

Технико-экономическое преимущество использования фиброцементогрунта в отличие от инертных материалов объясняется тем, что для устройства конструкций дорожных одежд требуются значительные объемы щебня и песка, что увеличивает транспортные расходы при возрастании дальности их возки. Для устройства фиброцементогрунта требуются сравнительно небольшие объемы добавок портландцемента и фибры, а значит и незначительные транспортные затраты на их транспортировку. С учетом отдаленности лесозаготовительных районов от мест производства инертных материалов и от сети автомобильных дорог общего пользования, применение фиброцементогрунта в конструкции дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог будет иметь, как пра-

вило, преимущественную технико-экономическую эффективность по сравнению с использованием инертных дорожно-строительных материалов.

Таким образом, при конструировании дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог важно учитывать транспортно-логистическую схему доставки дорожно-строительных материалов, обеспечивая минимальную стоимость строительства дорог. На основании полученных данных, для оценки технико-экономической эффективности строительства лесовозных автомобильных дорог из фиброцементогрунта разработаны расчетные номограммы стоимости строительства 1 км дорожной одежды из фиброцементогрунта и из инертных материалов (рис. 3, 4). Оценку технико-экономической эффективности строительства следует производить путем сравнения полученных по номограммам стоимостей строительства дорожной одежды из фиброцементогрунта и из инертных материалов в зависимости от расстояний возки дорожно-строительных материалов.

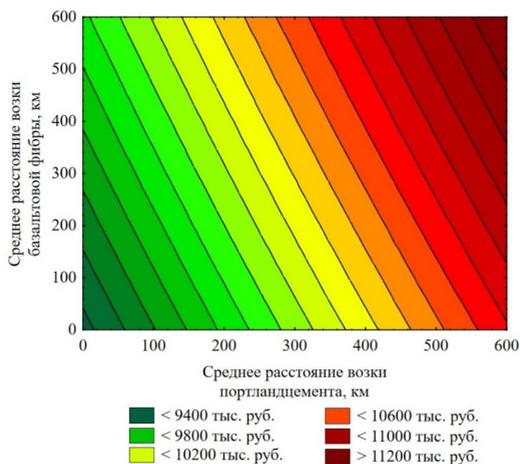


Рис. 3. Номограмма стоимости работ по устройству дорожной одежды из фиброцементогрунта в зависимости от среднего расстояния возки портландцемента и базальтовой фибры

Fig. 3. Nomogram of the cost of work on the construction of road pavement from fiber cement soil, depending on the average distance of transportation of Portland cement and basalt fiber

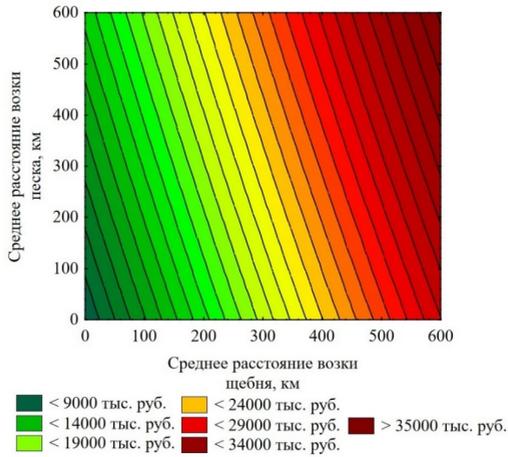


Рис. 4. Номограмма стоимости работ по устройству дорожной одежды из инертных материалов в зависимости от среднего расстояния возки щебня и песка

Fig. 4. Nomogram of the cost of work on constructing road pavement from inert materials depending on the average distance for transporting crushed stone and sand

Заключение. Результаты исследований показали, что на стоимость строительства дорожной одежды лесовозных автомобильных дорог в значительной степени влияет транспортно-логистическая схема доставки материалов. При средней дальности возки до 30 км стоимость устройства дорожной одежды из фиброцементогрунта практически одинакова по сравнению с использованием традиционных инертных материалов – песка и щебня. С увеличением дальности возки стоимость устройства дорожной одежды из фиброцементогрунта более экономически эффективна, чем равнопрочная конструкция из инертных материалов. Для оперативной оценки технико-экономической эффективности строительства лесовозных автомобильных дорог из фиброцементогрунта разработаны номограммы для определения стоимости в зависимости от среднего расстояния возки дорожно-строительных материалов.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Лыщик П.А., Плышевский С.В., Науменко А.И. Использование комплексного вяжущего для укрепления грунтов земляного полотна лесных автомобильных дорог // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2013. № 2 (158). С. 39–42.

Патент 2785742 С1 РФ, МПК E02D 3/12, E01C 3/04, E01C 7/36, C04B 28/04, C04B 111/20. Фиброцементогрунтовая смесь: № 2022105876: заявл. 05.03.2022: опубл. 12.12.2022 / С.А. Чудинов.

Степанец В.Г., Герасимова С.А. Основания дорожных одежд из укрепленных грунтов повышенной прочности и морозостойчивости // Молодой ученый. 2020. № 22 (312). С. 148–154.

Чудинов С.А. Совершенствование технологии укрепления грунтов в строительстве автомобильных дорог лесного комплекса: моногр. Екатеринбург: ГЛТУ, 2022. 164 с.

Ali M, Aziz M, Hamza M, Madni M.F. Engineering properties of expansive soil treated with polypropylene fibers // *Geomech Eng.* 2020. No. 22. P. 227–236.

Cho Y.K., Jung S.H., Choi Y.C. Effects of chemical composition of fly ash on compressive strength of fly ash cement mortar // *Constr Build Mater.* 2019. No. 204. P. 255–264.

Chudinov S. Improving the physical and mechanical properties of fortified soil for road construction in the forest zone // *IOP Conference Series: materials Science and Engineering.* 2020. No 217. P. 012007.

De Jesús Arrieta Baldovino J., Dos Santos Izzo R., Rose J.L., Avanci M.A. Geopolymers based on recycled glass powder for soil stabilization // *Geotechn Geolog Eng.* 2020. No. 38(4). P. 4013–4031.

Elkhebu A., Zainorabidin A., Asadi A. et al. Effect of incorporating multifilament polypropylene fibers into alkaline activated fly ash soil mixtures // *Soils Found.* 2019. No. 59. P. 2144–2154.

Vijayan D.S. Effect of Solid waste based stabilizing material for strengthening of Expansive soil // *Environmental Technology & Innovation.* 2020. No. 20. P. 54–61.

References

Ali M., Aziz M., Hamza M., Madni M.F. Engineering properties of expansive soil treated with polypropylene fibers. *Geomech Eng*, 2020, no. 22, pp. 227–236.

Cho Y.K., Jung S.H., Choi Y.C. Effects of chemical composition of fly ash on compressive strength of fly ash cement mortar. *Constr Build Mater*, 2019, no. 204, pp. 255–264.

Chudinov S. Improving the physical and mechanical properties of fortified soil for road construction in the forest zone. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, no. 817, p. 012007.

Chudinov S.A. Improving the technology of soil stabilization in the construction of roads of the forestry complex: monograph. Ekaterinburg: USFEU Publ., 2022. 164 p. (In Russ.)

Chudinov S.A. Fiber cement soil mixture. Patent RF, no. RU 2 785 742 C1, 2022. (In Russ.)

De Jesús Arrieta Baldovino J, Dos Santos Izzo R, Rose J.L, Avanci M.A. Geopolymers based on recycled glass powder for soil stabilization. *Geotechn Geolog Eng.*, 2020, no. 38(4), pp. 4013–4031.

Elkhebu A., Zainorabidin A., Asadi A. et al. Effect of incorporating multifilament polypropylene fibers into alkaline activated fly ash soil mixtures. *Soils Found*, 2019, no. 59, pp. 2144–2154.

Lyshchik P.A., Plyshevsky S.V., Naumenko A.I. The use of a complex binder to strengthen the subgrade soils of forest roads. *Proceedings of BSTU. Forestry and woodworking industry*, 2013, no. 2 (158). pp. 39–42. (In Russ.)

Stepanets V.G., Gerasimova S.A. Pavement bases from reinforced soils of increased strength and frost resistance. *Young scientist*, 2020, no. 22 (312). pp. 148–154. (In Russ.)

Vijayan D.S. Effect of Solid waste based stabilizing material for strengthening of Expansive soil. *Environmental Technology & Innovation*, 2020, no. 20, pp. 54–61.

Материал поступил в редакцию 21.12.2023

Чудинов С.А. Оценка технико-экономической эффективности строительства лесовозных автомобильных дорог из фиброцементогрунта // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 249. С. 230–243. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.249.230-243

Строительство лесовозных автомобильных дорог должно обеспечивать нормативные качественные показатели дорожных одежд при минимальной стоимости работ. Традиционно дорожные одежды устраивают из инертных материалов: щебня и песка. Сложные природные условия лесной зоны и высокие транспортные нагрузки требуют использования значительных объемов инертных материалов, при этом затраты на их транспортировку существенно увеличивают общую стоимость работ. Эффективной технологией в условиях лесной зоны является строительство дорожных одежд из фиброцементогрунта, получаемого при смешении местного природного грунта с добавками портландцемента, волокон фибры и воды. В сравнении с объемами использования инертных материалов, содержание добавок в составе фиброцементогрунтовых смесей является незначительным, что является преимуществом для снижения транспортных расходов и стоимости работ в целом. Для оценки технико-экономической эффективности рассчитаны параметры конструкций и объемы работ по устройству двух равнопрочных дорожных одежд: из фиброцементогрунта и из инертных материалов (щебня и песка), лесовозной автомобильной дороги III-л категории, протяженностью 1 км. Произведены расчеты и составлены поверхности отклика сметной стоимости строительства данных конструкций дорожных одежд в зависимости от различной дальности возки используемых дорожно-строительных материалов.

На основании результатов исследований определено, что параметры транспортно-логистической схемы доставки материалов существенно влияют на транспортные расходы и общую сметную стоимость строительства. При средней дальности возки до 30 км, сметная стоимость устройства фиброцементогрунтовых дорожных одежд практически одинакова по сравнению с использованием инертных материалов. При увеличении дальности возки дорожно-строительных материалов более 30 км, применение фиброцементогрунтовых дорожных одежд экономически эффективно, относительно равнопрочных конструкций из щебня и песка. Разработаны номограммы определения стоимости работ по устройству дорожных одежд в зависимости от расстояния возки дорожно-строительных материалов для оперативной оценки технико-экономической эффективности строительства лесовозных автомобильных дорог из фиброцементогрунта.

Ключевые слова: фиброцементогрунт, укрепленный грунт, экономическая эффективность, дорожная одежда, лесовозная дорога, сметная стоимость.

Chudinov S.A. Assessment of the technical and economic efficiency of the construction of logging roads made of fiber cement soil. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehneskoj Akademii*, 2024, iss. 249, pp. 230–243 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.249.230-243

The construction of logging roads should ensure standard quality indicators of road pavements at a minimum cost of work. Traditionally, road pavements are made from inert materials – crushed stone and sand. The difficult natural conditions of the forest zone and high transport loads require the use of significant volumes of inert materials, while the costs of their transportation significantly increase the total cost of the work. An effective technology in the conditions of a forest zone is the construction of road pavements from fiber cement soil, obtained by mixing local natural soil with the addition of Portland cement, fiber fiber and water. In comparison with the volumes of use of inert materials, the content of additives in the composition of fiber cement-soil mixtures is insignificant, which is an advantage for reducing transport costs and the cost of work in general. To assess the technical and economic efficiency, the design parameters and volumes of work for the construction of two equal-strength road pavements: from fiber cement soil and from inert materials (crushed stone and sand), a logging highway of category III, with a length of 1 km, were calculated. Calculations have been made and response surfaces have been compiled for the estimated cost of constructing these road pavement structures depending on the different transportation distances of the road building materials used. Based on the research results, it was determined that the parameters of the transport and logistics scheme for the delivery of materials significantly affect transport costs and the total estimated cost of construction. With an average hauling distance of up to 30 km, the estimated cost of

installing fiber cement-soil road pavements is almost the same compared to using inert materials. When the distance for transporting road building materials increases to more than 30 km, the use of fiber cement-soil road pavements is cost-effective, relative to equal-strength structures made of crushed stone and sand. Nomograms have been developed for determining the cost of work on the construction of road pavements depending on the distance of transportation of road-building materials for the rapid assessment of the technical and economic efficiency of the construction of logging roads from fiber cement soil.

Keywords: fiber cement soil, reinforced soil, economic efficiency, road pavement, logging road, estimated cost.

ЧУДИНОВ Сергей Александрович – заведующий кафедрой автомобильных дорог, мостов и тоннелей Уральского государственного лесотехнического университета, доцент, кандидат технических наук. SPIN-код: 2735-7934. ORCID: 0000-0003-4492-8188.

620100, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: chudinovsa@m.usfeu.ru

CHUDINOV Sergey A. – PhD (Technical), Head of the Department of Highways, Bridges and Tunnels, Ural State Forestry University, Associate Professor. SPIN code: 2735-7934. ORCID: 0000-0003-4492-8188.

620100. Siberian Tract str. 37. Ekaterinburg. Russia. E-mail: chudinovsa@m.usfeu.ru