

тепловых нейтронов превышает в 3–3,5 раза защищающую способность водосодержащих защит.

Имеющийся опыт показывает, что создание производственных участков по изготовлению модифицированной древесины не требует больших затрат и значительных площадей. Оборудование может быть изготовлено силами ремонтно-механических служб предприятия.

Вышесказанное позволяет говорить о том, что использование модифицированной древесины, вовлечение в производство дешевой малоиспользуемой древесины мягких лиственных пород, модифицированной уплотнением, позволит расширить области применения древесины, снизить затраты на производство и полнее использовать лесные ресурсы страны.

Библиографический список

1. Кислый В. Конкурентоустойчивость древесины в домостроении // ЛесПромИнформ. – 2016. – №2 (116). – С. 36–49.
2. Фрадкин В. Древесина: материал будущего // Знания и техника. – 2013. – № 4. – С. 58–64.

УДК 625.711

М. В. Бормотов, А. В. Сирота, А. Д. Дроздов,
А. Г. Власов, С. И. Булдаков
(M. V. Bormotov, A. V. Sirota, A. D. Drozdov,
A. G. Vlasov, S. I. Buldakov)
УГЛТУ, Екатеринбург
(USFEU, Yekaterinburg)

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЙ, ИЗМЕРЕНИЯ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ СВЯЗАННЫХ И НЕСВЯЗАННЫХ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

**(FOREIGN EXPERIENCE IN RESEARCH AND MEASUREMENT
OF ELASTIC MODULUS OF BOUND AND UNBOUND SOILS
SUBGRADE)**

Статья посвящена анализу полевых экспресс-методов оценки степени, уплотнения грунтов земляного полотна. В области контроля модуля упругости как меры жесткости, которая является лучшим предиктором производительности и обеспечивает входные данные, необходимые для механистического-эмпирического проектирования. Для различных измерителей жесткости грунта рассмотрены проведенные исследования в этой области.

The article is devoted to the analysis of field Express methods for assessing the degree of compaction of the groundbed. In the field of elastic modulus control as a measure of stiffness, which is the best predictor of performance and provides the input data necessary for mechanical-empirical design. For various soil hardness meters, the research conducted in this area is considered.

В данной статье представлены многолетние труды, предпринятые во Флориде по внедрению лабораторного измерения модуля упругости несвязанных грунтов земляного полотна для проектирования дорожных конструкций. Экспериментальные программы были выполнены для корреляции полевых и лабораторных измерений модуля упругости грунтов земляного полотна. Были проведены исследования по внедрению модуля упругости в процедуру проектирования гибких дорожных покрытий, а также проведено тематическое исследование для проверки процесса проектирования дорожного покрытия с использованием измерений модуля упругости.

Правильное уплотнение основания и основания проезжей части имеет важное значение для обеспечения хороших эксплуатационных характеристик дорожного покрытия на протяжении всего срока его службы. Хотя измерение плотности традиционно используется для определения степени уплотнения геоматериалов, эта практика имеет свои ограничения. Измерение модуля упругости особенно важно для прогнозирования эксплуатационных характеристик вторичных материалов, поскольку существует мало данных, связывающих плотность этих материалов с их прочностью.

Поскольку дорожные строители во всех странах сталкиваются с растущим давлением для эффективного использования ограниченных ресурсов, измерение базового и суббазового модуля может помочь оптимизировать производительность и срок службы дорожного покрытия. В рамках проекта NCHRP 10-84 исследователи разработали предложенную спецификацию AASHTO для измерения модуля уплотнения геоматериалов в основаниях дорожных покрытий. Спецификация также содержит рекомендации по установке целевого модуля для уплотненных геоматериалов и рассматривает устройства, такие как легкий дефлектометр, которые могут быть использованы для измерения модуля. Во время полевых испытаний исследователи сравнили несколько устройств для измерения уплотненных геоматериалов, включая легкие дефлектометры, портативные анализаторы сейсмических свойств и измерителя жесткости грунта.

На первом этапе проекта NCHRP 10-84 исследователи собрали информацию о нескольких сложных и взаимосвязанных вопросах, необходимых для разработки обоснованной спецификации модуля упругости, таких как изменчивость участка и содержание влаги, влияющих на модуль. Затем они провели лабораторные, мелкомасштабные и полевые испытания, чтобы измерить и проверить, как модуль упругости влияет на характеристики объекта и методы измерения. Наконец, они подтвердили предложенную

спецификацию с помощью пяти полевых проектов, расположенных в разных регионах страны. Эти регионы включали в себя как можно больше типов геоматериалов, условий окружающей среды, а также процедур строительства и контроля качества.

Предлагаемая стандартная спецификация для модульного управления качеством земляных работ и несвязанных заполнителей обеспечивает гибкий метод измерения модуля уплотнения геоматериалов, который может быть адаптирован к местным требованиям и материалам. Предлагаемая спецификация также включает в себя процесс выбора целевого модуля для конкретных уплотненных геоматериалов. Несколько приборов успешно измеряют модуль упругости, хотя легкие дефлектометры рекомендуются из-за их простоты использования и широкой доступности. Однако различные виды дефлектометров обеспечивали различные измерения, поэтому технические характеристики конструкции должны указывать, какую модель дефлектометра следует использовать [1].

В Германии и Австрии динамические испытания на сжатие проводятся альтернативно статическим испытаниям на сжатие с помощью нагрузочной плиты согласно DIN 18134.

Модуль упругости – это одно из свойств материала, которое непосредственно связано с длительными эксплуатационными характеристиками дорожного покрытия. В результате он может быть использован в механистически-эмпирическом проектировании, которое может помочь дорожным строителям максимизировать ценность получаемого продукта, которую они получают от своих инвестиций в строительство и уменьшить нагрузку на бюджет, проектируя дороги для удовлетворения потребностей в производительности без использования большего количества строительных материалов, чем необходимо. Спецификация для измерения модуля также будет полезна, поскольку агентства используют больше переработанных геоматериалов в строительстве [2].

Несколько технологий измерения модуля упругости уплотненных геоматериалов работают достаточно хорошо, но легкие дефлектометры рекомендуются из-за их простоты использования и широкой доступности.

На основании проведенного анализа при строительстве опытного участка грунтовой дороги Свердловская область «ст. Саранинский завод – п. Октябрьский». КМ 0+000 - КМ 1+000 сотрудниками и учащимися кафедры транспорта и дорожного строительства (Т и ДС), (УГЛТУ). Для проведения экспресс анализа при проведении полевых работ был использован легкий измеритель плотности грунта.

Прибор от TERRATEST® LWD был выбран в результате анализа зарубежных исследований, так как он объединяет в себе современные компоненты микроэлектроники и характеристики полностью адаптированных для стройплощадки измерительных приборов. В частности, одна только возможность автоматической синхронной регистрации измерительного

пункта с помощью глобальной системы определения местоположения (позиционирование с помощью GPS) и программного интерфейса Google-Maps усовершенствовала рабочий процесс с легким измерителем плотности грунта и сделала измерения достоверными.

Были проведены динамические испытания на сжатие легким измерителем плотности грунта с использованием нагрузочной плиты, предназначенной для проверки несущей способности и оценки качества уплотнения грунта при земляных работах, в дорожном строительстве. Ввиду того, что в понятие «грунт» включаются также наполнители для засыпки, несвязанные несущие слои, ремонтируемые грунтовые покрытия, слои холодного ресайклинга, уплотняемые слои, укрепленные (стабилизированные) минеральными вяжущими или стабилизаторами, асфальт и бетон (при наборе прочности) в незатвердевшем состоянии, проверка динамическим методом особенно годится для крупнозернистых (щебеночных) и смешанных грунтов с максимальным размером зерен (щебня) до 63 мм [3].

При этом возможно непосредственное определение однородности несущей способности грунта полотна. Данные по проведенным полевым исследованиям обрабатываются и в дальнейшем будут проанализированы. Для этого на базе кафедры транспорта и дорожного строительства (Т и ДС), (УГЛТУ) проводятся лабораторные исследования.

Библиографический список

1. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2015. Converting Paved Roads to Unpaved. Washington, DC: The National Academies Press. – URL: <https://doi.org/10.17226/21935> (дата обращения: 18.10.2020 г.).
2. Булдаков С. И., Силуков Ю. Д., Малиновских М. Д. Содержание и ремонт автомобильных дорог: моногр. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. – 198 с.
3. Sawangsuriya A., Edil T., Bosscher P. Comparison Of Moduli Obtained From The Soil Stiffness Gauge With Moduli From Other Tests // 81 th Annual Meeting of the Transportation Research Board. – January. – 2002. – Washington, D.C.