

Научная статья
УДК 625.8

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОБРАТНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Анастасия Алексеевна Порицкая¹, Сергей Александрович Чудинов²

^{1, 2} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ anastasiyaporitskaya2000@gmail.com

² chudinovsa@m.usfeu.ru

Аннотация. Рассматривается методика обратного вычисления с целью установления ее релевантности и эффективности как инструмента для диагностики модуля упругости и оценки текущего эксплуатационного состояния дорожных одежд.

Ключевые слова: модуль упругости, испытания, чаша прогиба

Для цитирования: Порицкая А. А., Чудинов С. А. Применение методики обратного вычисления при оценке модуля упругости дорожных одежд // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 952–956.

Original article

APPLICATION OF THE BACKWARD COMPUTATION METHOD TO ASSESSING THE ELASTIC MODULUS OF ROAD PAVEMENTS

Anastasia A. Poritskaya¹, Sergey A. Chudinov²

^{1, 2} Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ anastasiyaporitskaya2000@gmail.com

² chudinovsa@m.usfeu.ru

Abstract. This article discusses the method of backward computation in order to establish its relevance and effectiveness as a tool for diagnosing the modulus of elasticity and assessing the current operational condition of road pavements.

Keywords: elastic modulus, tests, deflection cup

For citation: Poritskaya A. A., Chudinov S. A. (2026) Primenenie metodiki obratnogo vy`chisleniya pri ocenke modulya uprugosti dorozhny`x odezhd [Application of the backward computation method to assessing the elastic modulus of

road pavements]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 952–956. (In Russ).

К задачам, с которыми постоянно сталкиваются работники дорожной сферы, можно отнести: работу над повышением долговечности дорожных конструкций, вычисление оптимальных сроков и объемов ремонтно-восстановительных работ, поиск наиболее эффективных и при этом неразрушающих методов оценки нежестких дорожных одежд. Актуальность всего выше перечисленного не подвергается сомнению, так как даже с постоянно расширяющейся научно-технической базой, вопрос о повышении качества и увеличении срока службы покрытий стоит всегда особенно остро [1].

В вопросе оценки механических свойств слоев дорожных одежд в период их непосредственной эксплуатации, когда происходит естественное изменение характеристик материалов, все более широкое распространение получает метод обратного анализа или метод обратного вычисления (backcalculation). Это подход, при котором модули упругости элементов конструкции (например, слоев дорожной одежды) рассчитывают по экспериментально измеренной чаше прогибов. Данный метод осуществляется в связке с установками нагружения для обработки зарегистрированных данных прогибов, полученных экспериментально в натурных условиях. В результате, вместо того чтобы опираться только на проектные данные, как было раньше, мы получаем более точную информацию и формируем реальное представление об изменениях, происходящих внутри дорожной конструкции.

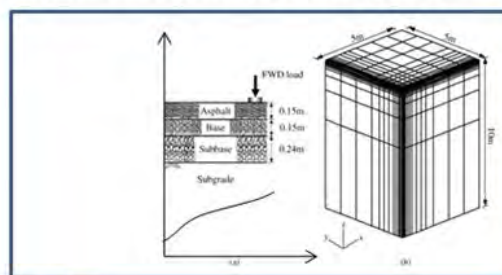
Однако методика обратного расчета не обходится без допущений, например, толщины слоев принимаются постоянными, а сами слои неограниченными в горизонтальной плоскости. Конечно, основные параметры любой дорожной конструкции всегда заведомо известны, так как они определяются и закладываются на этапе проектирования, однако впоследствии под воздействием постоянных нагрузок и различных факторов (старение бетона, цикличное изменение погодных условий), ускоряющих деградиационные процессы, механические свойства материалов и их параметры неизбежно изменяются. Эти изменения напрямую влияют на напряженно-деформированное состояние всей дорожной конструкции, что в свою очередь влияет уже на результаты обратного расчета [2]. При этом значения коэффициента Пуассона и плотности намеренно допускается принимать такими же, как и первоначальные, заложенные еще на стадии проектирования. Однако, если дорожная конструкция начинает проявлять явные признаки износа или повреждения, например, проседает или образуется ярко выраженная колея, то такие упрощения становятся более недопустимыми.

Для сбора и анализа данных в полевых условиях используют специальный мобильный комплекс. Этот комплекс включает в себя компактное устройство для нанесения контролируемых ударов, приборы для фиксации колебаний и компьютер для обработки зафиксированных данных и проведения вычислений. На всем исследуемом участке дороги на разных дистанциях от ключевых точек (0,25; 0,5; 0,75; 1,25 метров) устанавливают датчики (рис. 1).

I этап: Регистрация экспериментальной чаши прогибов дорожной конструкции



II этап: Построение расчетной чаши прогибов дорожной конструкции



III этап: Определение модулей упругости слоев дорожной конструкции на этапе эксплуатации

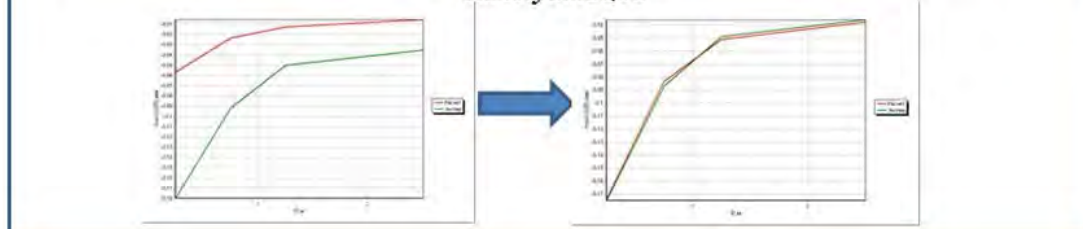


Рис. 2. Последовательность операций при вычислении модулей упругости по методике обратного вычисления

На втором этапе также выполняется расчет деформационной чаши при заданной величине нагрузки, но теперь для расчета используются не экспериментально зарегистрированные значения, а данные, заложенные проектом.

На финальном этапе экспериментальные чаши прогибов сопоставляются с расчетными. Причем пересчет модулей упругости слоев конструкции осуществляется с одновременной корректировкой расчетной чаши прогибов относительно экспериментальной. Процесс согласования данных продолжается до тех пор, пока отклонение расчетных значений от экспериментально полученных значений не станет минимальным [3].

Данные, зафиксированные датчиками, установленными на разных расстояниях, при сравнении позволяют сделать некоторые выводы о поведении конструкции в разных ее точках, например, в диапазоне расстояний от 0,25 до 0,75 метра от места нагружения, именно модуль упругости основания является ключевым фактором, определяющим, как будет изменяться поверхность дорожной конструкции.

Но если переместиться в периферийную область распространения вибраций, то можно обнаружить, что в качестве определяющего параметра при формировании геометрии чаши колебаний выступает уже значение модуля упругости грунта земляного полотна.

Многочисленные полевые исследования, статистические данные и изыскания свидетельствуют о том, что для адекватной оценки состояния дорожных конструкций недостаточно учитывать только величину упругого

прогиба в точке непосредственного приложения нагрузки [4]. Для более комплексного понимания как протекает процесс деградации дорожных одежд в ходе эксплуатации и максимально точного прогнозирования остаточного срока службы автомобильной дороги требуется наличие данных о механических параметрах всех компонентов многослойной дорожной конструкции, по всей ее глубине, от покрытия до земляного полотна с использованием минимального количества допущений. Это, в свою очередь, и диктует необходимость разработки инновационных методик их определения, и мотивирует новые исследования в данной области.

Список источников

1. Исследование деформационных характеристик фиброцементогрунтовых конструкций лесовозных автомобильных дорог / С. А. Чудинов, Е. Г. Васильев, Н. В. Ладейщиков, К. В. Ладейщиков // *Resources and Technology*. 2024. Т. 21, № 3. С. 6–7.
2. Углова Е. В., Саенко С. С. Оптимизация расчетных моделей для проектирования нежестких дорожных одежд // *Вестник Томского гос. арх.-строит. ун-та*. 2014. № 6 (47). С. 182–188.
3. Обратное вычисление послойных модулей упругости дорожных одежд // *КиберЛенинка* : [сайт]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obratnoe-vychislenie-posloynnyh-moduley-uprugosti-dorozhnyh-odezhd> (дата обращения: 15.11.2025).
4. ГОСТ Р 59918–2021. Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Методики оценки прочности. URL: <https://docs.chtd.ru/document/1200181995> (дата обращения: 19.11.2025).