

шкалы измерения/оценки показателей видов работ, агрегатные функции промежуточно-обобщенных оценок, экспертных оценок.

Ключевые слова: качество образования, оценка, рейтинговая система оценок, рейтинг обучающихся, шкалы измерений, экспертная оценка, обработка данных, разработка программного обеспечения.

THE SOFTWARE OF DATA PROCESSING FOR CALCULATING THE RATING OF STUDENTS

A. Almukhanova, A. Kereyev, Ye. Ospanov

In the domestic system of higher education, the rating is understood as an integral (total) assessment of the results of all types of educational activities of the student, which allows for a quantitative assessment of the quality of the educational program development by students and University graduates, and thus to place all students in certain places in accordance with the achieved learning results. The transition to rating assessments will allow, on the one hand, to demonstrate the individual abilities of the student to a greater extent, on the other – to increase the competitiveness of training, to activate the personal factor in the student environment by introducing competitiveness in the educational process, based on the main indicator – the quality of training specialists.

The article discusses the main problems of the rating system of evaluation of students, definition of a rating of the student, algorithms for the construction and application of multi-level quantitative credit risk models, systems of job evaluation, scales of measurement/assessment indicators of activity types, aggregate functions, intermediate-generalized evaluation and expert assessments.

Key words: quality of education, assessment, rating system of assessments, rating of students, measurement scales, expert assessment, data processing, software development.

МРНТИ: 67.29.63

Ю.В. Буртыль

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ РОВНОСТИ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы прогнозирования формирования необратимых деформаций дорожных одежд, как с учетом известных теоретических моделей, так и на основании предложенной автором аппроксимированной модели изменения ровности покрытий дорог во времени. Установлено что в прогнозных моделях не учитывается ряд факторов, оказывающих существенное влияние на процессы формирования необратимой деформации в слоях материалов дорожных конструкций. Также рассмотрен практической проблемы эксплуатации автомобильных дорог общего пользования, как нормирование толщины выравнивающих слоев при среднем ремонте. Для компенсации указанного пробела предложен алгоритм назначения толщины выравнивающих слоев в зависимости от первоначальной продольной ровности и нормативной, которая достигается за счет нормативных показателей толщины, полученной эмпирическим путем. Приведен соответствующий алгоритм действий для условий Республики Казахстан.

Ключевые слова: автомобильные дороги, прочность, международный индекс неровности, покрытия, деформации.

ВВЕДЕНИЕ

Деформации в слоях дорожной одежды характеризуют общее снижение прочности конструкции, сопровождаемое дальнейшим разрушением и разуплотнением материалов. Неровности покрытия автомобильной дороги формируются по причинам возникновения необратимых деформаций в покрытии и слоях дорожной одежды, под действием транспортных нагрузок и погоднo-климатических факторов. При эксплуатации автомобильной дороги прирост неровностей непосредственно связан с приростом деформаций. Рассматривая процесс накопления неровностей, можно утверждать об интенсивности формирования деформаций, и в дальнейшем, прогнозировать снижение прочности дорожной конструкции.

Причинами возникновения неровностей могут быть различные факторы: увлажнение грунтов и несвязных слоев основания, разуплотнение слоев из минеральных материалов, процессы замораживания и оттаивания, высокие положительные температуры, изменение

вязкости битумных составляющих, а также срок службы дорожной конструкции и прирост интенсивности движения автомобилей. Все эти факторы формируют неровности с различной периодичностью и интенсивностью, но учитывать их при прогнозировании необходимо в комплексе.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И НЕРОВНОСТЕЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Рассматривая процесс прогнозирования необратимых деформаций, мы одновременно рассматриваем процесс формирования неровностей. Можно утверждать, что эти два процесса взаимосвязаны и отражение деформации материалов в дорожной одежде на покрытии зависит от общей жесткости дорожной конструкции (1)

$$\Delta l = \varepsilon_N \cdot R, \quad (1)$$

где Δl – неровности, отражаемые на покрытии, мм;

ε_N – суммарная необратимая деформация в слоях дорожной одежды, мм;

R – коэффициент отражения деформаций, учитывающий жесткость дорожной конструкции, $R < 1$.

Деформации и неровности влияют на безопасность движения транспорта и долговечность автомобильной дороги:

а) деформации, отражаемые на покрытии в виде неровностей, увеличивают динамическое воздействие на дорогу и амплитуду колебания колеса, что приводит к скорейшему разрушению как дорожного покрытия, так и подвески автомобиля;

б) при совпадении частоты колебаний автомобиля с собственными частотами колебаний дороги, при движении по неровностям, возникает резкое возрастание амплитуды, что может привести к опрокидыванию автомобиля, особенно при дальнейшем торможении для погашения резонанса;

в) при движении автомобиля по неровностям возможен отрыв колеса от покрытия, что может спровоцировать кратковременную потерю управления автомобилем при высоких скоростях, особенно на мокром покрытии;

г) снижение скорости движения транспортного потока, вследствие широкого разброса частот колебаний автомобиля, вызванных неровностями, приводит к снижению потребительских качеств дороги: пропускной способности, уровня загрузки движением, экологической безопасности.

д) нестабильное движение автомобиля по неровностям приводит к длительному повышенному вниманию и напряжению водителя, что в свою очередь ведет к общей утомляемости и снижению объективной оценки ситуации на дороге.

Структура дорожно-строительных материалов представляет собой систему упругих и вязкопластичных связей, и общая деформация определяется исходя из ее составляющих: обратимой (упругой) и необратимой (пластической).

В зарубежных исследованиях для прогнозирования деформаций разработаны модели, учитывающие такие параметры как напряжения, начальную деформацию в материалах, количество приложенных нагрузок, эмпирические параметры уравнений регрессии, полученные в результате испытаний. В таблице 1 приведены некоторые модели расчета необратимых деформаций (ε_N) зарубежных разработчиков.

Представленные модели сориентированы в основном на силовые факторы: прочность дорожной конструкции и величину нагрузки (напряжения). Необратимые деформации наиболее интенсивно формируются при условии превышения фактического количества нагрузок над расчетным значением. Общая схема развития деформации при приложении нагрузки приведена на рисунке 1.

Для дорожной одежды прочность и надежность будут обеспечены при выполнении условия (2)

$$\sum_{i=1}^t \frac{\varepsilon_N}{\varepsilon_i} \geq 1 \quad (2)$$

где t – расчетный период приложения нагрузки, лет;

ε_N – допустимый объем необратимых деформаций за год, мм;

ε_i – фактический объем необратимых деформаций за год, мм.

Таблица 1 – Формулы для расчета необратимых деформаций при воздействии повторных нагрузок

Формула	Параметры формулы	Разработчик, источник
$\varepsilon_N = a + b \cdot \lg N$	N – количество приложенных расчетных нагрузок, единиц a, b – параметры модели	Barksdale R.D., University of Michigan (Англия) [1]
$\varepsilon_N = \varepsilon_1 + a \cdot \lg N + b \cdot (\lg N)^2$	ε_1 – остаточная начальная деформация, возникающая при первом приложении нагрузки, мм; N – количество приложенных расчетных нагрузок, единиц; a, b – параметры модели.	Leng J., North Carolina State university (США) [2]
$\varepsilon_N = A \cdot ((\sigma_1 - \sigma_3) / \sigma_s)^B \cdot (B + \lg N)$	A, b, B – параметры модели, являющиеся постоянными для различных материалов, σ_1 , σ_3 – нормальные напряжения по площадкам, МПа, σ_s – предельный девиатор напряжений, МПа.	Cheung L.W., the University of Nottingham (Великобритания) [3]
$\varepsilon_N = \varepsilon_6 \cdot (NE/10^6)^{0.5} \cdot [E(10^\circ\text{C}) / E(15^\circ\text{C})]^{0.5} \cdot k_c \cdot k_r \cdot k_s$	ε_6 – деформация при прохождении 10^6 циклов нагрузки, мм; NE – количество приложений нагрузки, единиц; $E(10^\circ\text{C})$ – модуль упругости при 10°C ; $E(15^\circ\text{C})$ – модуль упругости при 15°C ; k_c – коэффициент для различных типов асфальтобетона (1-1,5); k_r – коэффициент вероятности; k_s – коэффициент неоднородности грунтов	Petit C., Diakhaté M., Université de Limoges (Франция) [4]
$\varepsilon_N = (A + m \cdot N) \cdot (1 - \exp[-B \cdot N])$	N – количество приложенных расчетных нагрузок, единиц; m, A, B – параметры уравнения регрессии.	Wolff H., Visser A. [5]



Рисунок 1 – Изменение необратимой деформации при повторных нагрузках

АЛГОРИТМ НАЗНАЧЕНИЯ И РАСЧЕТА ТОЛЩИНЫ ВЫРАВНИВАЮЩИХ СЛОЕВ ПО УСЛОВИЯМ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ РОВНОСТИ

В контексте практической деятельности по эксплуатации автомобильных дорог общего пользования, выявлена проблема назначения толщины выравнивающих слоев при среднем ремонте, как вид ремонта по восстановлению первоначальных эксплуатационных параметров. Одним из способов назначения является внедрения алгоритма по зависимости между продольной ровностью фактических значений и нормативных, которая достигается за счет нормативных показателей толщины, полученной эмпирическим путем. Ниже приведен соответствующий алгоритм действий для условий Республики Казахстан.

Так, нормативная ровность дорожного покрытия устанавливается на основании:

- требований по условиям безопасности (СТ РК 1912) [6];
- установленных скоростных режимов и категории (ГОСТ 33220) [7];
- интенсивности движения транспортных средств (ПР РК 218-03) [8].

Оценка ровности дороги выполняется каждые 100 метров, а необходимость устройства выравнивающего слоя определяется минимально на 1 км или на протяжении всего участка, отнесенного в ремонт по другим эксплуатационным показателям.

Фактическая ровность (R_f) на участке определяется по формуле (3)

$$R_f = R_{cp} + t \times \delta, \quad (3)$$

где R_{cp} – среднее значение ровности на участке, на 1 км;

t – коэффициент нормированного отклонения принимается равным: для дорог I-II категории – 1,71; III категории – 1,32; IV категории – 1,06 на основании Р РК 218-22-03;

δ – стандартное отклонение, рассчитывается по формуле (4)

$$\delta = [(R_{cp} - R_{100})^2 + (R_{cp} - R_{200})^2 + \dots + (R_{cp} - R_i)^2]^{1/2} / (n - 1) \quad (4)$$

где R_{100} , R_{200} , R_i – измеренная ровность на участке 100 м;

n – количество измерений;

i – номер последнего измерения.

Устройство выравнивающего слоя на участке выполняется с защитным (тонким) не менее 3,5 см или верхним слоем покрытия не менее 4 см с коэффициентом уплотнения не менее 1,1.

Когда как, толщина выравнивающего слоя определяется исходя из достижения необходимой ровности покрытия для различных категорий дорог и скоростных режимов, в том числе и с учетом заданных объемов финансирования.

На ряду с этим эффект достижения ровности покрытия для различных толщин и фактической ровности на участке приведен в таблице 2 на основании расчетов по ПР РК 218-161 [9].

Таблица 2 – Подбор толщины выравнивающих слоев

Фактическая ровность (R _ф), м/км	Минимальная толщина выравнивающего слоя (см) для достижения ровности после ремонта по IRI			
	до 2 м/км	2-3 м/км	3-4 м/км	4-5 м/км
10	10	7	5	4
9	10	7	5	4
8	10	6	4	4
7	10	6	4	4
6	9	5	4	4
5	8	4	4	-
4	8	4	-	-
3	6	-	-	-

При этом, рекомендуемая ровность покрытия для скоростных режимов, условий безопасности и требований к эксплуатации в таблице 3.

Таблица 3 – Предельная ровность для эксплуатационных условий

Ровность покрытия, по IRI, м/км	Скорость, км/ч	Допустимая категория дороги		
		по безопасности		по эксплуатации
		ГОСТ 33220	СТ РК 1912	ПР РК 218-49 [10].
до 2	100	I-V	I-V	I-V
2-3	90	I-V	I-V	II-V
3-4	90	I-V	I-V	IV-V
4-5	70	I-V	II-V	IV-V
5-6	70	III-V	III-V	-

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В прогнозных моделях не учитывается ряд факторов, оказывающих существенное влияние на процессы формирования необратимой деформации в слоях материалов дорожных конструкций:

а) при воздействии транспортных нагрузок на дорожное покрытие не учитываются усталостные свойства материалов, характеризующиеся не только количеством проходов транспортных средств, но и периодичностью приложения нагрузки в интервалах 0,1-0,01 с.

б) при возникновении переменных напряжений на элементарную площадку асфальтобетонного покрытия: на стадии подъезда транспортного средства к площадке, непосредственного воздействия и воздействия после снятия нагрузки присутствует эффекта Баушингера, при котором пластические деформации формируются при изменении знака напряжений не зависимо от величины нагрузки [11].

в) изменение структуры дорожной одежды при перемешивании материалов и свойств битума в асфальтобетоне, влияние водной среды, дефекты на покрытии не позволяют рассматривать объект воздействия – дорожную конструкцию как стабильную систему, имеющую фиксированные прочностные характеристики в течение длительного времени.

г) при высоких температурах асфальтобетонное покрытие работает не только в упругой стадии, но и в пластичной (закон вязкого течения) и в этом случае модель прогнозирования деформаций не будет соответствовать математической модели строго для упругой деформации.

Предложено практическое внедрение алгоритма назначения толщины выравнивающих слоев в зависимости от первоначальной продольной ровности для условий Республики Казахстан.

Литература

1. Barksdale R.D. Laboratory Evaluation of Rutting in Base course materials / R.D. Barksdale // Proceedings of the 3 rd. International conference on asphalt pavements, London, September 11-15, 1972 / University of Michigan. – London, 1972. – pp. 161-174.
2. Leng J. Characteristics and behavior of geogrid-reinforced aggregate under cyclic load: dissertation submitted Doctor of philosophy: 2002 / J. Leng; North Carolina State university. - North Carolina, USA, 2002. – 152 p.
3. Cheung L.W. Laboratory assessment of pavement foundation materials: dissertation submitted Doctor of philosophy: 1994 / L.W. Cheung; the University of Nottingham. – Nottingham, United Kingdom, 1994. – 224 p.
4. Petit C. Fatigue performance of interfaces and longitudinal top-down cracking in multilayered pavements / Petit C., Malick D., Millien A., Phelipot-Mardel A., Pouteau B // Road Materials and Pavement Design. – 2009. - № 10(3). – p. 609-624.
5. Wolff H. Incorporating elastic-plasticity in granular layer pavement design institution of civil engineers transport / Wolff H., Visser A. // Proceedings of Institution of Civil Engineers Transport. – London, 1994. – pp. 259-272
6. Автомобильные дороги и улицы. Нормы и требования к эксплуатационному состоянию: СТ РК 1912-2009. – Введ. 25.11.2009: Астана: 2009. – 11 с.
7. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к эксплуатационному состоянию: ГОСТ 33220-2015. – Введ. 06.02.2017: Астана: 2017. – 11 с.
8. Инструкция по оценке ровности дорожных покрытий: ПР РК 218-03-2016. – Введ. 26.02.2016: Астана: 2016. – 14 с.
9. Инструкция по оценке остаточного ресурса нежестких дорожных конструкций автомобильных дорог: ПР РК 218-161-2019: – Введ. 30.12.2019: Нур-Султан: 2019. – 24 с.
10. Нормативы изменений показателей транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог в период эксплуатации: ПР РК 218-49-2005: – Введ. 09.12.2005: Астана: 2005. – 16 с.
11. Буртыль Ю.В. Критерии эксплуатационной надежности автомобильных дорог с нежесткими дорожными одеждами / Ю.В. Буртыль // Автомобильные дороги и мосты – 2012. – № 2. – С. 21-31.

ЖОЛ ТӨСЕМДЕРІ ТЕГІСТІГІНІҢ ӨЗГЕРУІН ЗЕРТТЕУ

Ю.В. Буртыль

Мақалада белгілі теориялық модельдерді ескере отырып, жол жамылғысының қайтымсыз деформацияларының пайда болуын болжау мәселелері қарастырылады, сонымен қатар автор ұсынған уақыт өте келе жол жамылғысының тегістігін өзгерту моделінің негізінде. Болжамды модельдерде жол конструкциялары материалдарының қабаттарында қайтымсыз деформацияны қалыптастыру процестеріне елеулі әсер ететін бірқатар факторлар ескерілмейтіні анықталды: сондай-ақ орташа жөндеу кезінде тегістейтін қабаттардың қалыңдығын нормалау ретінде жалпы пайдаланымдағы автомобиль жолдарын пайдаланудың практикалық проблемалары қаралды. Көрсетілген кеңістікті өтеу үшін бастапқы бойлық тегістікке және нормативті деңгейге байланысты тегістеу қабаттарының қалыңдығын тағайындау алгоритмі ұсынылады, оған эмпирикалық жолмен алынған қалыңдықтың нормативтік көрсеткіштері арқылы жол жеткізіледі. Қазақстан Республикасының шарттары үшін тиісті іс-қимыл алгоритмі келтірілген.

Түйін сөздер: автомобиль жолдары, беріктігі, халықаралық кедір-индексі, жабын, деформация.

SCIENTIFIC AND PRACTICAL RESEARCH EVENNESS HIGHWAYS

Y. Burtyl

The article deals with forecasting of formation of irreversible deformation of road pavements as based on the known theoretical models and based on the proposed approximated model of changes of flatness of the pavement in time. It is established that the forecast models do not take into account a number of factors that have a significant impact on the formation of irreversible deformation in the layers of road construction materials the paper also considers the practical problems of operation of public roads, such as normalization of the thickness of leveling layers during average repairs. To compensate for this gap, an algorithm is proposed for assigning the thickness of the leveling layers depending on the initial longitudinal evenness and the standard one, which is achieved due to the standard thickness indicators obtained empirically. The corresponding algorithm of actions for the conditions of the Republic of Kazakhstan is given.

Key words: highways, strength, international roughness index, coating, deformation.