

МАШИНОСТРОЕНИЕ

МРНТИ 55.53.13, 75.31.37

М. В. Дудкин, С. Ю. Пичугин, С. Н. Фадеев

Восточно-Казахстанский государственный
технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

МЕТОДИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДОРОЖНОГО КАТКА С УПЛОТНЯЕМЫМ МАТЕРИАЛОМ

Аннотация. Актуальной остается проблема функциональной аппроксимации сдвигающих (касательных) контактных напряжений в дорожном материале, которые наряду с нормальной составляющей оказывают существенное влияние на коэффициент сопротивления и напряженно-деформированное состояние дорожного покрытия в условиях качения вальца. Отсутствие общей методологии по теории уплотнения стимулирует разработчиков строительного-дорожного машин к созданию различных приближенных методов их расчета, количество которых в настоящее время сопоставимо с номенклатурой предлагаемых конструкций. Приведена универсальная методика статического контакта дорожного катка с уплотняемым слоем, которая обобщает частную теорию расчета на подвижные (ведущие и ведомые) эллиптические и круговые вальцы с учетом известных достижений и рекомендаций, касающихся этого перспективного научно-исследовательского направления.

Ключевые слова: дорожный каток, гибкий валец, обечайка, автомобильные дороги.



Түйіндеме. Өнеркәсіптің және ауыл шаруашылығының тұрақты дамуы мен отандық өндірушілердің бәсекелестігін жоғарылату үшін, қазақстандықтардың өмір сүру жағдайын жақсарту үшін, ұлттық қауіпсіздікті берік ұстау үшін, халықаралық көлік жүйесінде біздің еліміздің көлік кешенін енгізу, жол желісін дамыту деңгейіне байланысты. Автомобиль жолдарын пайдалануға беруде сапасын жоғарылатудың маңыздылығының бірі олардың үстіңгі

бетінің беріктігі мен пайдалану мерзімінің ұзақтығы. Ал ол тығындаудың терендігі мен сапасына байланысты. Дәстүрлі құрастыруды қолдануды универсалды етіп жобалауға болмайды, бір ізбен бірнеше рет жүргендегі тығыздағыш материалдың қасиетіне байланысты жол айдынының жұмыс органы берілді, ол жол құрылысының белгілі бір дәрежедегі технологиясын жақсартады және көп шығынсыз қазіргі жол құрылысының сапасы мен жылдамдығын қамтамасыз етеді. Мақалада тығыздағыш материалдардың жол айдынында жұмыс органдарының құрастырушы жұмыс істеу қабілетінің талдауы берілген.

Түйінді сөздер: жол айдыны, икемді жынышқы, обечайка, автомобиль жолдары.



Abstract. Sustainable development of industry and agriculture, improving the competitiveness of domestic producers, improving the life quality of Kazakhstan citizens, strengthening of the national security, introduction of transport complex of our country into the international transport system depends on the level of development of the road network. One of the conditions of improving the quality of roads is the durability and endurance of the road surface, which mainly depends on quality and depth of their sealing. The use of traditional construction of rolls will not allow designing universal roller, which can adapt to the current properties of sealing material even in several passes on one track. The working body of roller is presented, which will greatly improve the technology of road construction of modern roads at low cost. The article presents the analysis of working capacity of the road roller's working body on the sealing material.

Key words: road roller, flexible roll, ring, autotrass.

Введение. Процесс строительства автомобильных дорог представляет собой довольно сложную технологическую задачу. Для устройства дорожных одежд применяется целый комплекс разнообразных по назначению и своим возможностям дорожно-строительных машин. Однако, несмотря на четко отработанную в теоретическом отношении технологию строительства автомобильных дорог, долговечность их на практике оказывается не такой большой, как это следовало бы из расчета. Основной причиной преждевременного износа и разрушения конструкции дороги является недоуплотнение её основания и других технологических слоев, часто из-за несовершенства применяемой дорожной техники, её неспособности дозировать и регулировать свое силовое давление на уплотняемую среду, поэтому в условиях современного строительства дорог уплотнению

дорожно-строительных материалов и развитию конструкций уплотняющих дорожных машин уделяется особенно большое внимание. Дальнейшее развитие дорожного строительства требует совершенствования организации строительных работ и улучшения качества и возможностей, а также универсальности дорожных и строительных машин.

Стоимость уплотнения составляет 2-4 % [1] всей стоимости строительства автомобильной дороги. Однако некачественное проведение этой технологической операции в формировании структуры дорожно-строительных материалов и покрытий дорожных одежд приводит к значительным потерям. Уплотнение является технологической операцией, которая определяет эксплуатационные показатели, надежность и долговечность самой дороги и её конструкции. Недоуплотнение всего на 1-2 % уменьшает прочность покрытия на 12-16 %, а долговечность – на 14-20 %.

По мере уплотнения грунта растет и его прочность. В частности, по достижении в насыпи коэффициента уплотнения 0,95 прочность связного грунта повышается в 1,5-1,6 раза, а при 1,0 – в 2,2-2,3 раза по сравнению с прочностью в начальный момент уплотнения (коэффициент уплотнения 0,80-0,85).

Обязательное уплотнение грунта, щебня и асфальтобетона в дорожной отрасли является не только составной частью технологического процесса устройства земляного полотна, основания и покрытия, но и служит фактически главной операцией по обеспечению их прочности, устойчивости и долговечности. Качество, стоимость и темпы дорожных работ, возможность применения принципиально новых технологий, конструкций и материалов во многом определяются наличием современной дорожной техники. Основная машина для уплотнения – дорожный каток.

На первый взгляд, трудно придумать машину более простую, чем каток. Кажется, главная идея, воплощенная в этом виде техники, лежит на поверхности: чем тяжелее, тем лучше. Но оказалось, что если силовое воздействие, передаваемое от катка на уплотняемую среду выше её предела прочности, то матери-

ал начинает разрушаться. Если скорость уплотнения выше некоторой допустимой величины или слой уплотняемого материала слишком велик, то перед вальцом катка образуется волна сдвигаемого им материала, и уплотнение становится малоэффективным и сменяется разрушением [2]. Поэтому остро стоит вопрос о создании дорожных катков, способных плавно регулировать воздействие рабочих уплотняющих органов на деформируемую среду в зависимости от её изменяющихся в процессе уплотнения характеристик, а вопросы взаимосвязи производительности катка с его геометрическими и динамическими параметрами, скоростью и деформацией уплотняемого слоя за один проход являются актуальными, так как их решение позволит обеспечить требуемые показатели качества строительства.

Примером может служить тандемный каток с двумя ведущими сдвоенными вальцами «Amir» (Канада), который способен изменять давления на уплотняемую среду во время её укатки. Между вальцами находятся 4 опорных ролика (катка), катящихся по бесконечной плотной ленте (рис. 1) [3]. Каждый из ведущих вальцов представляет собой комбинацию различных по величине опорных и ведущих роликов, обтянутых общей бесконечной упругой лентой. Принудительный наклон вальца или поднятие одного или нескольких роликов обеспечивают изменение статического давления на уплотняемый материал.

Недостатками данной конструкции являются низкая производитель-



Рис. 1. Тандемный каток с двумя ведущими гибкими вальцами

ность работы и отсутствие возможности увеличения массы машины при помощи дополнительных грузов.

Возможность разнонаправленной передачи динамической нагрузки верхним слоям уплотняемого материала реализована в конструкции пневмовибрационных катков типа Sakai GW750 (рис. 2) [4], в котором объединены преимущества пневмошинных и вибрационных катков.



Рис. 2. Пневмовибрационный каток GW750 фирмы «Sakai»

Динамическая нагрузка, генерируемая вибровозбудителем этого катка с частотой 40 Гц, передаваемая через шину, заполненную воздухом, не вовлекает в колебания огромную массу близлежащего грунта, а за счет упругих колебаний шины передает разнонаправленную динамическую силу верхним слоям уплотняемого материала. Недостаток данного катка – большая

потеря вынуждающей силы в пневматических колесах.

Проведенные исследования и анализ современного развития дорожных катков и их рабочих органов показывают, что дорожные катки для уплотнения дорожно-строительных материалов еще не в достаточной мере соответствуют потребностям дорожной практики. В данной статье предложена новая конструкция рабочего органа дорожного катка с гибкой обечайкой, которая способна адаптироваться к любым свойствам уплотняемого материала и регулировать силу давления с помощью увеличения или уменьшения площади контакта вальца с уплотняемым материалом.

Цель работы – повышение эффективности процесса уплотнения путем создания новой конструкции рабочего органа дорожного катка с регулируемым давлением на уплотняемую среду.

Методы исследования. При проведении исследований применялись методы теоретической механики, математического анализа, математической статистики и теории вероятностей, конструирования и технико-экономической оценки.

Основные результаты. Обязательное уплотнение грунта, щебня и асфальтобетона в дорожной отрасли является не только составной частью технологического процесса устройства земляного полотна, основания и покрытия, но и служит фактически главной операцией по обеспечению их прочности, устойчивости и долговечности. Качество, стоимость и темпы дорожных работ, возможность применения принципиально новых технологий, конструкций и материалов во многом определяются наличием современной дорожной техники [5].

Для уплотнения асфальтобетонного покрытия применяют дорожные катки. Технология уплотнения дорожного покрытия вальцевыми катками предусматривает использование, как правило, нескольких комплексов с различными типоразмерами катков.

Комплекс катков, состоящий из легкого, среднего и тяжелого типов, которые имеют оптимальное линейное давление соответственно 15-20, 35-40 и 50-60 кН/м, позволяет начинать укатку при высоких температурах асфальтобетонной смеси (130-135 °С), что обеспечивает высокое качество уплотнения за меньшее число проходов. Эти катки просты по конструкции и не вызывают трудностей при эксплуатации, однако на месте работ необходимо иметь не менее трех типоразмеров катков. Наличие большого количества единиц катков затрудняет организацию их четкой работы и размещение этого оборудования на ограниченном участке дорожной полосы. Вследствие этого комплекс машин, обеспечивающий процесс устройства конструктивных слоев дорожной одежды, обладает низкой производительностью, высокими показателями энерго- и металлоемкости, насыщен людскими ресурсами [5,6].

Для решения вышеизложенных проблем предложен валец дорожного катка с изменяемой формой, а следовательно, и площади контактируемой поверхности, которая обеспечивает непрерывное регулирование силового воздействия катка на уплотняемую среду путем изменения диаметра кривизны вальца в заданных пределах изменения характеристики уплотняемого материала в зоне их контакта, что в конечном итоге позволяет получить требуемые характеристики уплотнения дорожно-строительных материалов (рис. 3). Тогда все этапы уплотнения любого материала можно выполнять катками одного типоразмера, регулируя их силовое воздействие на уплотняемый материал [7].

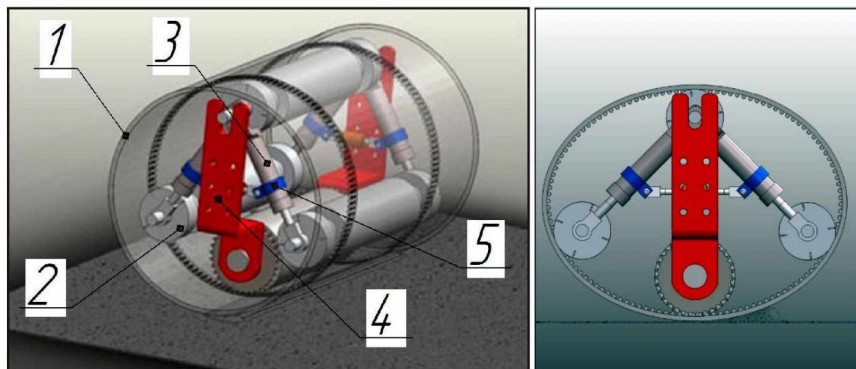


Рис. 3. Валец дорожного катка с изменяемой геометрией

Валец дорожного катка, содержит обечайку 1 из упругого материала с расположенными в её полости и контактирующими с внутренней поверхностью обечайки опорными роликами 2, соединенными с гидроцилиндрами 3, смонтированными на раме катка 4. Опорные ролики 2 установлены внутри обечайки 1 на всю её ширину и с обоих концов соединены осями при помощи гидроцилиндров 3, а оси двух противоположных опорных роликов 2 в вертикальной плоскости дополнительно соединены с гидроцилиндрами 3. Опорные ролики 2 установлены внутри обечайки 1 на всю её ширину и с обоих концов соединены ося-

ми 5, причем оси 5 двух противоположных опорных роликов 2 в вертикальной плоскости дополнительно соединены с гидроцилиндрами 3.

Валец дорожного катка работает следующим образом.

При движении катка обечайка 1 перекачивается по поверхности уплотняемого материала. Внутри обечайки 1 перекачиваются контактирующие с ней опорные ролики 2. Упираясь во внутреннюю часть обечайки 1, опорные ролики 2, установленные на всю ширину обечайки 1, под действием гидроцилиндров 3 равномерно деформируют ее. При этом радиус кривизны вальца в зоне контакта с уплотняемой поверхностью принудительно равномерно изменяется по всей ширине вальца.

Для определения зависимостей между параметрами катка и характеристиками уплотняемого слоя дорожного покрытия рассмотрим известную схему распределения уплотняющих усилий при движении вальца катка по рыхлому основанию, (рис. 4.). Нарастание контактного давления происходит до тех пор, пока не будет преодолено сопротивление трению и сцеплению между частицами твердой фазы, а также выжиманию (с фильтрацией) воздуха через поры слоя.

Первая зона предопределяет процесс уплотнения, связанный с вытеснением воздуха, который активно вытесняется во второй зоне. Если на участке первой зоны наряду с вертикальными деформациями может происходить деформация сдвига, то во второй зоне объем материала, находящегоо-

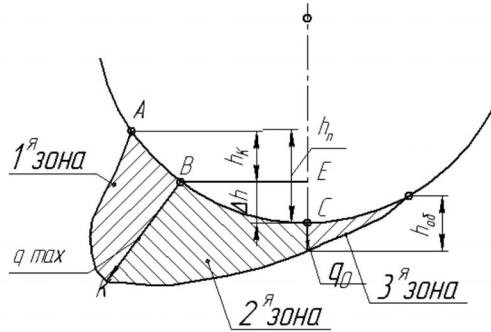


Рис. 4. Распределение уплотняющих зон, давлений и осадок при движении вальца с изменяемой геометрией по рыхлому основанию

сы под вальцом, будет подвержен главным образом вертикальным деформациям. Во второй зоне наблюдается процесс ползучести, обусловленный вытеснением воздуха. Третья зона связана с процессом разгрузки и падением давления.

Совмещение линии максимального давления ВК с вертикальной осью вальца свидетельствует о прекращении процесса уплотнения вальцом в данных условиях. Характер распределения контактных давлений служит показателем степени использования катка в процессе уплотнения.

Для связи между параметрами катка и характеристикой уплотняемого материала недостаточно установить связь между давлением и плотностью, необходимо также установить связь между затратами энергии (мощности) или импульсом давления и приращением плотности, т.е. уменьшением количества и объема воздуха.

Рассмотрим схему работы вальцов дорожного катка при взаимодействии их с уплотняемой средой (рис. 5). При проезде металлического вальца возникают силы сопротивления вдавлению, за счет чего происходит деформация уплотняемой среды [8, 1]. Образовавшаяся зона контакта рабочего органа с уплотняемым материалом имеет определенное значение площади контакта F_k и среднего значения контактных давлений, σ_k . На глубине Z уплотняемого материала в любой точке возникает напряженное состояние, величина которого зависит от величины F_k и σ_k и толщины уплотняемого слоя.

Вследствие напряженного состояния происходит деформация уплотняемого материала, которая сопровождается, во-первых, перемещением частиц материала в новое положение и, во-вторых, видоизменением внутренних связей.

Вследствие наличия у уплотняемого материала упруговязко-пластических связей деформация протекает не мгновенно, а требует определенного времени. Время, в течение которого материал находится в напряженном состоянии, определяется при всех прочих равных условиях поступательной скоростью рабочих

органов катка (вальцов). Таким образом, эффект уплотнения зависит от напряженного состояния, возникающего в каждом элементарном объеме материала и времени его действия. Величина и время действия напряженного состояния определяются, в свою очередь, величиной среднего контактного давления и площадью контакта, характером распределения напряжений по площади контакта и поступательной скоростью.

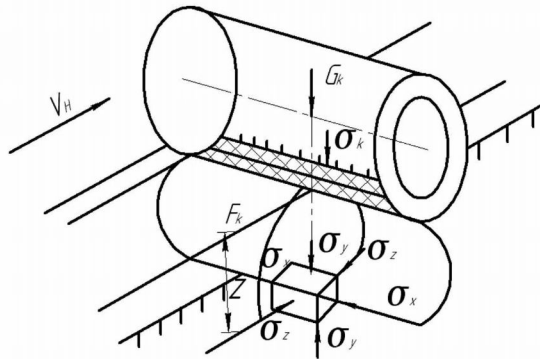


Рис. 5. Напряженное состояние элементарного объема уплотняемой среды [1]. F_k – Площадь контакта рабочего органа дорожного катка с уплотняемым материалом; s_k – контактные давления; V_H – направление движения; Z – глубина уплотняемого материала; G_k – вес машины; s_x, s_y, s_z – точки возникновения напряженного состояния в уплотняемом материале

Рассмотрим контактные параметры гладкого металлического вальца катка. Основными контактными параметрами являются F_k – площадь контакта; σ_k – контактные давления.

Как известно, среднее давление на поверхности контакта вальца определяется из выражения:

$$\sigma = \frac{Q}{F_k}, \quad (1)$$

где Q – нагрузка на валец, кг;

F_k – площадь контакта, м².

Следовательно,

$$\sigma_k = f(F_k). \quad (2)$$

Для определения F_k рассмотрим рис. 3, из которого находим:

$$F_k = B \cdot R \cdot \alpha \quad (3)$$

где B – ширина вальца;

R – радиус вальца;

α – угол соприкосновения вальца с уплотняемой средой.

Основная сложность состоит в выводе угла α через известные величины. Вывод общей формулы определения угла α предпринимался многими авторами [6, 8] с учетом собственных, определенных характеристик уплотняемой среды.

Принимая глубину деформации грунта h , находим из рис. 6:

$$\cos \alpha = \frac{R-h}{h} \quad (4)$$

$$\alpha = \arccos \frac{R-h}{h} \quad (5)$$

Теперь, рассмотрим состояние материала до уплотнения (рис. 7а) и после уплотнения (рис. 7б).

Обозначив глубину слоя до уплотнения H_0 и объемный вес скелета грунта γ_0 , получим вес материала на квадратную единицу площади $H_0 \cdot \gamma_0$. Этот вес остается неизменным и после приложения нагрузки, когда материал деформируется на толщину h , в то время как объемный вес скелета грунта равен γ .

Вес материала в этом случае будет: $(H_0 - h) \cdot \gamma$.

Следовательно, можно записать:

$$H_0 \gamma_0 = (H_0 - h) \cdot \gamma \quad (6)$$

$$h = H_0 \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right) \quad (7)$$

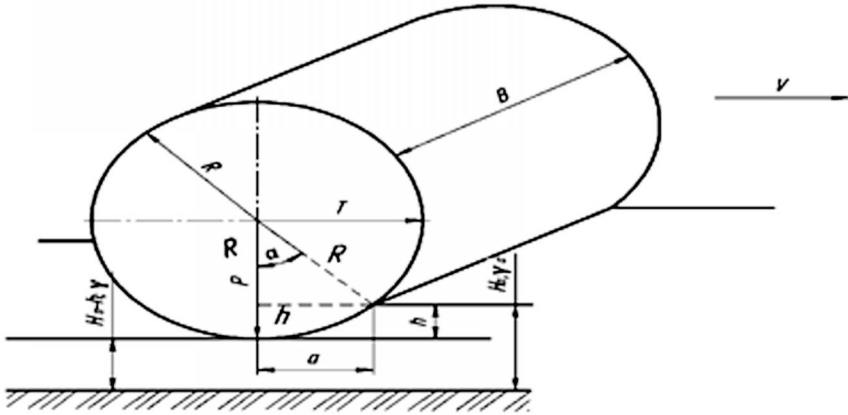


Рис. 6. Основные параметры контакта вальца с изменяемой геометрией с уплотняемой средой

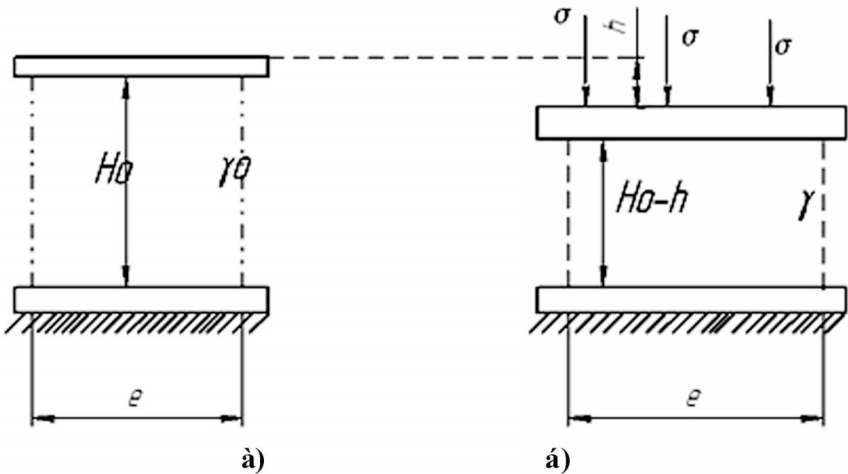


Рис. 7. Изменение параметров уплотняемой среды в процессе уплотнения

$$\alpha = \text{Arc cos} \frac{R - H_o(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma})}{H_o(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma})} \quad (8)$$

Площадь контакта найдем по формуле:

$$F_k = B \cdot R \cdot \text{Arc cos} \frac{R - H_o(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma})}{H_o(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma})} \quad (9)$$

В итоге получим закон изменения контактных напряжений для гладкого металлического вальца дорожного катка:

$$\sigma_k = Q \cdot [B \cdot R \cdot \text{Arc cos} \frac{R - H_o(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma})}{H_o(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma})}]^{-1} \quad (10)$$

Оценим влияние конструктивных параметров рабочих органов катков и режимов процесса уплотнения на качество уплотнения асфальтобетонных смесей дорожных покрытий.

Для определения коэффициента уплотнения были отформованы и испытаны образцы-вырубки асфальтобетона, результаты измерений которых представлены в табл. 1, 2.

Средняя плотность образца-вырубки по сравнению с плотностью переформованного образца составляет 0,97 для гладкого жесткого вальца и 0,99 – для гибкого, что говорит о достаточной степени уплотнения в обоих случаях.

По результатам натуральных экспериментов построены зависимости изменения средней плотности материала с различной начальной температурой (60-70 °С и 95-100 °С) от вида катка и количества его проходов с одинаковой скоростью по одному следу (рис. 8), а также от изменения скорости катка (рис. 9).

Таблица 1

Экспериментальная сравнительная зависимость коэффициента уплотнения от плотности смеси (по ГОСТ 12801-98)

№ керна	Плотность, кг/м ³	Водонасыщение, %	Переформованные керны		Коэффициент уплотнения, K _y
			плотность, кг/м ³	водонасыщение, %	
1	2207	8,57	2360	2,22	0,93
2	2277	4,23	2370	2,23	0,96
3	2289	3,41	2370	2,21	0,97
4	2308	3,50	2380	2,22	0,97
5	2324	3,11	2370	2,21	0,98
6	2260	4,66	2360	1,72	0,96
7	2282	3,72	2370	1,64	0,96
8	2297	4,13	2360	1,98	0,97

Таблица 2

Зависимость коэффициента уплотнения от плотности смеси

Средняя плотность переформованного образца, кг/м ³	Средняя максимальная плотность материала (кг/м ³) в зависимости от типа катка		Влияние типа катка на коэффициент уплотнения	
	гладко-вальцовый каток	каток с гибким вальцом	гладко-вальцовый каток	каток с гибким вальцом
2280±10	2220±20	2270±10	0,97	0,99

Штриховой линией на рис. 8 показано изменение плотности для асфальтобетонной смеси с начальной температурой уплотнения 60-70 °С, а сплошной линией – с температурой 95-100 °С.



Кривые уплотнения: 1 – жесткий гладкий валец; 2 – гибкий валец

Рис. 8. Сравнительные характеристики изменения плотности уплотняемых смесей ρ_m в зависимости от проходов катка n

На рис. 9 представлены зависимости для холодной песчаной асфальтобетонной смеси с температурой начала уплотнения 60-70 °С. С уменьшением температуры смеси как обобщенного показателя технологических свойств асфальтобетонной смеси уплотняемость ухудшается при использовании катков с линейным давлением $q=45000-65000$ Н/м. Для катков с линейным давлением $q=80000$ Н/м изменение температуры смеси в пределах 100-160 °С существенно не сказывается на ее уплотняемости, т. е. уменьшением пятна контакта гибкого вальца с уплотняемой средой можно уплотнять более холодные смеси с достижением коэффициента уплотнения $K_y=0,97$ при числе проходов $n=12$ (рис. 10).

Сравнительные эксперименты эффективности гладковальцового катка ДУ-47 и этого же катка, с гибким вальцом показали, что изменение кривизны вальца позволяет за одно и то же коли-



Рис. 9. Зависимость изменения плотности слоя ρ_m от скорости V_k и числа проходов n катка (сплошной линией указан каток с гибким вальцом).

Скорость движения катка: 1 – $V_k=0,56$ м/с; 2 – $V_k=2,78$ м/с

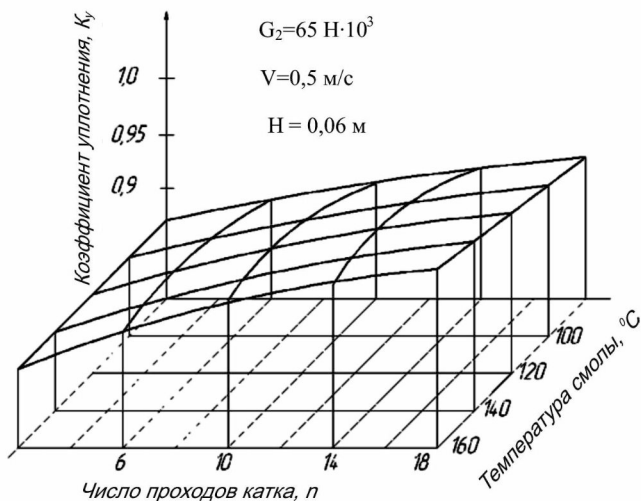


Рис. 10. Зависимость коэффициента уплотнения от температуры асфальтобетонной смеси и числа проходов катка

чество проходов по одному следу достичь более высокого коэффициента уплотнения (рис. 11). За 20 проходов катка с гибким вальцом был достигнут коэффициент уплотнения 0,986, а с жестким вальцом – только 0,910.

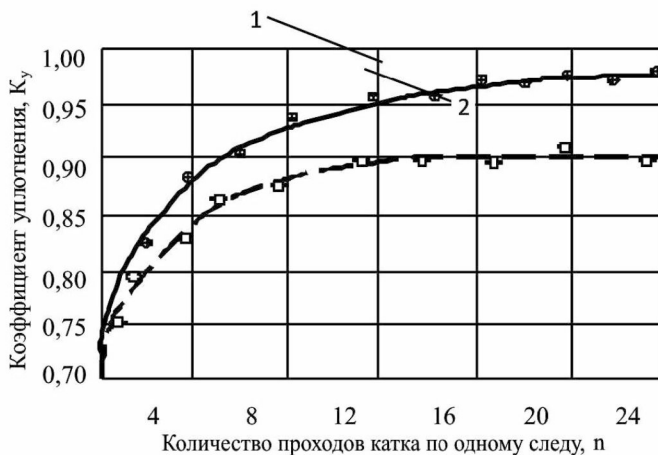


Рис. 11. Экспериментальная зависимость коэффициента уплотнения от количества проходов и типа катка: 1 – каток с гибким вальцом; 2 – каток с жестким гладким вальцом

Показатель водонасыщения определялся на образцах, отобранных из уплотняемого материала, методами закладных колец и выбуривания. Водонасыщение характеризует открытую пористость асфальтобетона. С увеличением количества проходов катка этот показатель также стремится к предельному значению, соответствующему предельной плотности.

Причем для гибкого вальца коэффициент уплотнения имеет продолжающуюся тенденцию к увеличению, тогда как для жесткого вальца он уже стабилизировался и увеличивался незначительно. Увеличение толщины уплотняемого слоя h приводит к снижению уплотняющей способности катков, увеличе-

нию числа проходов по одному следу, так как удельного давления на смесь уже не хватает для её деформации (рис. 12).

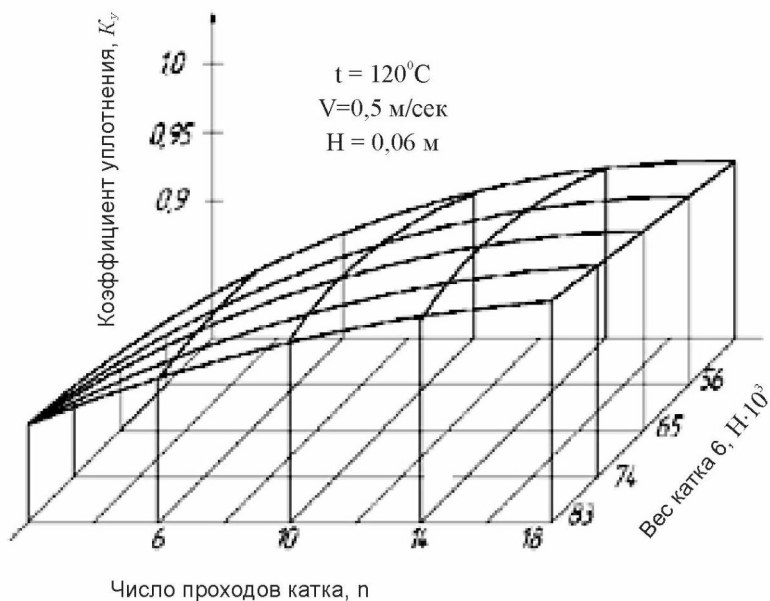


Рис. 12. Зависимость коэффициента уплотнения от массы и числа проходов катка

С увеличением удельного давления рабочего органа катка (рис. 13), обеспечиваемого изменением радиуса кривизны гибкого вальца в зоне контакта с уплотняемой средой, его уплотняющая способность увеличивается, что согласуется с данными А. Ф. Зубкова [9].

Следовательно, материал можно уплотнять одним типоразмером катка, регулируя его воздействие на уплотняемую среду, что вполне выполнимо при работе гибкого вальца: изменяя радиус кривизны вальца, мы изменяем пятно контакта, а значит, и передаваемое давление катка, при сохранении его статичес-

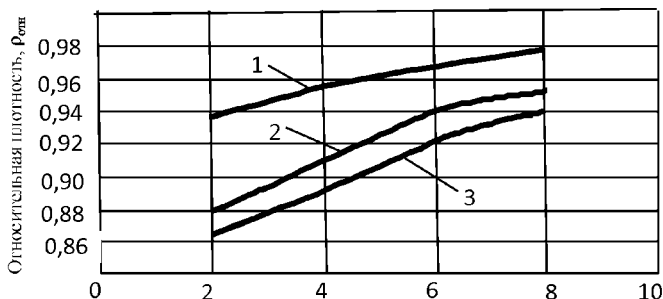


Рис. 13. Экспериментальная зависимость относительной плотности по глубине уплотнения от удельного давления под вальцом катка. Глубина слоя: 1 – 0,05 м; 2 – 0,15 м; 3 – 0,30 м.
Удельное давление на материал, кг/см

кой массы. Результаты сравнительных испытаний уплотняющей способности дорожных катков различной массы приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты сравнительных испытаний уплотняющей способности трехвальцовых двухосных катков различной массы

Тип катка		ДУ-48		
масса, кг		7000	9400	12600
линейное давление, Н/м	передний валец	22000	30000	41000
	задние вальцы	45000	60000	79000
скорость (передача)		1	1	1
толщина уплотняемого слоя, м		0,06	0,06	0,06
тип смеси		мелкозернистая асфальтобетонная смесь		
Степень уплотнения при:	n=12	0,94	0,96	0,98
	n=18	0,96...0,97	0,98	0,99...1,0
Вид и характер уплотненного покрытия		без трещин, ровное покрытие	без трещин, ровное покрытие	трещины, волнообразование

Критерии уплотняемости позволили сравнить между собой различные дорожные катки и различные виды уплотняемых би-

тумоминаральных смесей. Анализ представленных данных позволяет сделать вывод, что для различных материалов при одном режиме уплотнения существует оптимальная толщина уплотняемого слоя, дающая максимальный эффект уплотнения.

В зависимости от количества проходов катка по одному следу, от толщины уплотняемого слоя, типа асфальтобетона, вида и типа дорожного катка, принятого режима уплотнения, жесткости основания экстремум достигается после 2-4-х проходов катка по одному следу при оптимальном линейном давлении при каждом проходе катка. Изменение линейного давления гибкого вальца катка связано с изменением радиуса кривизны вальца в зоне контакта с уплотняемой средой, поэтому целесообразно рассматривать влияние на коэффициент уплотнения отношения удельного давления к величине изменяемого радиуса вальца (рис. 14).

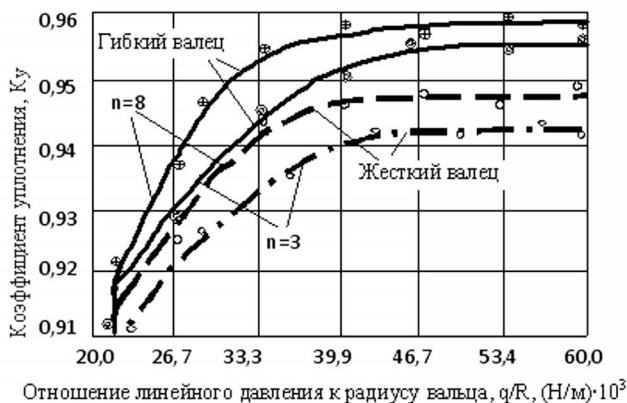


Рис. 14. Зависимость коэффициента уплотнения K_u от отношения линейного давления к радиусу вальца q/R при числе проходов катка $n=3$ и $n=8$

С увеличением числа проходов катка величина пластичности уменьшается, достигает экстремума и затем вновь возрастает. Место и нахождение экстремума зависят от многих факторов.

Анализ экспериментальных данных показывает, что область наиболее эффективного уплотнения смеси в интервале температур 100-130 °С продолжается до достижения отношения $q/R=30000-45000$ Н/м для катка с гибким вальцом и $q/R=20000-35000$ Н/м для катка с жесткими вальцами при любом количестве проходов катка. Но при уплотнении гибким вальцом при одинаковом количестве проходов катка по одному следу удастся достичь коэффициента уплотнения $K_y=0,96$, тогда как катком с жестким гладким вальцом только 0,947. Выходит, что использование катка с гибким вальцом сокращает время работы уплотнения до достижения требуемого коэффициента уплотнения, что, несомненно, говорит о его большей эффективности. При прочих равных условиях меньшее количество проходов катка требуется при уплотнении катками, оборудованными гибкими вальцами с большим значением кривизны вальца в зоне контакта с уплотняемой средой.

Меньшей деформативностью обладают смеси, уплотненные гибкими вальцами с наибольшим радиусом кривизны в зоне контакта с уплотняемой средой.

Для построения поверхностей откликов использовались данные, полученные при испытании катков ДУ-48 (А и Б) и ДУ-47А различной массы, которая регулировалась пригрузением балласта.

Анализ экспериментальных данных показывает, что увеличение массы катка без изменения диаметра вальца не позволяет стандартному катку регулировать силовое воздействие на уплотняемую среду, так как величина давления, приходящаяся на пятно контакта, может превысить предел прочности материала, а это приведет к переуплотнению и разрыхлению материала.

Исправить ситуацию и адаптироваться к свойствам уплотняемой среды, используя её оптимальные и благоприятные для уплотнения параметры, можно катком с гибкими вальцами, которые позволяют при неизменной статической массе катка регулировать его линейное давление на уплотняемый материал в зоне их контакта путем варьирования радиуса кривизны вальца.

Выводы

1. В результате работы обоснованы характеристики уплотняемого дорожного покрытия и рассчитаны возможные показатели степени уплотнения дорожно-строительных материалов катком с переменным радиусом кривизны ведущего вальца.

2. Анализ экспериментальных данных показал, что регулирование силового воздействия катка увеличением массы без изменения диаметра вальца не позволяет стандартному катку достичь оптимальных параметров, соответствующих текущим свойствам уплотняемой среды, так как величина давления, приходящаяся на пятно контакта, может превысить предел прочности материала, а это приведет к переуплотнению и разрушению материала.

3. Сравнительные эксперименты эффективности стандартного гладковальцового катка ДУ-47 и этого же катка, оборудованного гибким вальцом, показали, что изменение кривизны вальца от прохода к проходу позволяет за одно и то же количество проходов по одному следу достичь более высокого коэффициента уплотнения. При уплотнении материалов гибким вальцом катка напряжения по глубине уплотняемого слоя значительно выше, чем при уплотнении стандартным жестким вальцом, что свидетельствует о большей эффективности гибкого вальца.

Список литературы

1 *Абраменков Д.Э., Абраменков Э.А., Грузин А.В., Грузин В.В.* Строительные машины и оборудование в фундаментостроении: учебник. – Астана: Фолиант, 2011. – 296 с.

2 *Дудкин М.В.* Повышение эффективности процесса уплотнения на основе совершенствования конструкций дорожных катков: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Алматы: КазАТК, 2010. – 355 с.

3 [Электронный ресурс] / Сайт «CENTRE FOR ADVANCED ASPHALT RESEARCH AND TECHNOLOGY». – Режим доступа: <http://carleton.ca/caart/research/amirhipac-asphalt-compaction-devices>, свободный. – англ. яз.

4 *Кояма Ф.* Общие описания машин для уплотнения. Текст лекций [Текст] / – М.: Техническая лаборатория Сакаи Хэви Индастриз, 2009. – 40 с.

5 *Богданов В.С., Булгаков С.Б., Ильин А.С.* Технологические комплексы и механическое оборудование предприятий строительной индустрии: учебник дл вузов. – СПб.: Проспект науки, 2010. – 624 с.

6 *Кадыров А.С., Нурмагамбетов А.С.* Динамика транспортной техники: учебное пособие. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2008. – 84 с.

7 Инновационный пат. 23701, РК: А.С. Республики Казахстан № 67536. МПК В06В 1/16. Валец дорожного катка / Кабашев Р.А., Гурьянов Г.А., Дудкин М.В., Пичугин С.Ю., Фадеев С.Н.; заявитель и патентообладатель Вост.-Казах. гос. техн. ун-т им. Д.Серикбаева. – № 2010/0567.1; опубл. 15.02.2011, Бюл. № 2. – 5 с.

8 *Rahman, Farhana, M. Hossain, M. Hunt, and S. Romanoschi,* Intelligent Compaction Control of Highway Embankment Soils, Paper #07-2962, Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, 2007.

9 *Зубков А.Ф.* Разработка технологии устройства асфальтобетонных покрытий с повышенными эксплуатационными параметрами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.11. – Воронеж, ВГАСУ, 2008. – 360 с.

Дудкин Михаил Васильевич, доктор технических наук, профессор, декан факультета

Пичугин Сергей Юриевич, докторант PhD, тел. 8 (723)220 70 77, 8 (705) 6727339, pichuginzk@gmail.com.

Фадеев Сергей Николаевич, докторант PhD