

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ УКАТЫВАЕМОЙ ЩЕБЕНОЧНО-ПЕСЧАНОЙ СМЕСИ

Н.А. Лопаух*

научный руководитель С.Л. Крафт
канд. геолог-минерал. наук

*Сибирский федеральный университет
Инженерно-строительный институт*

Однородность структуры и плотность щебеночно-песчаной смеси в значительной степени обеспечивают долговечность полотна дороги.

Для обеспечения качественного уплотнения на протяжении всего времени процесса уплотнения материала необходимо принимать во внимание не только изменение свойств уплотняемой смеси, но и учитывать изменения динамических параметров рабочего органа виброкатка, также влияющих на процесс уплотнения.

В процессе уплотнения помимо характеристик самого уплотняемого материала, изменяются характеристики пятна рабочего органа. Под пятном понимается область вальца, находящаяся в непосредственном контакте с уплотняемым материалом.

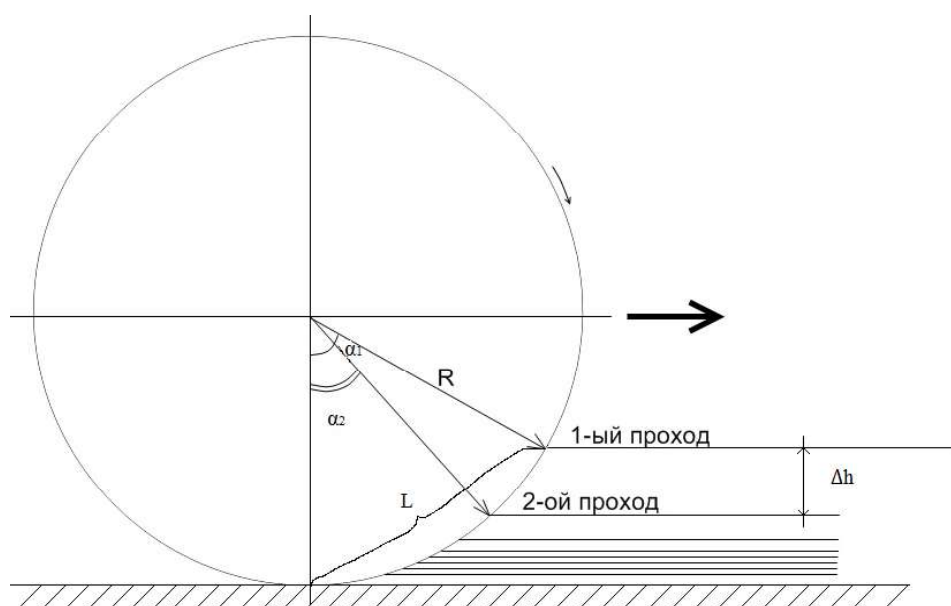


Рис. 1. Взаимодействие вальца с уплотняемым материалом

Формула для расчета ширины пятна

$$L = R \cdot \alpha \quad (1)$$

* © Лопаух Н.А., 2021

где α – угол пятна относительно центральной вертикальной оси вальца; L – ширина пятна (длина дуги вальца, находящейся в контакте с грунтом).

Вычисление угла α происходит по технологическим параметрам катка и величине изменения толщины слоя между проходами.

$$\alpha = \arccos \frac{R - \Delta h}{R} \quad (2)$$

где R – радиус вальца, м.

В результате, измеряя значения изменения толщины слоя от прохода и зная радиус вальца применяемого катка, можно вычислить длину дуги контакта вальца, при помощи приведенной выше формулы.

Также от длины дуги зависит объем активной зоны уплотнения. Предлагается следующая методика расчета объема уплотняемой зоны материала:

$$V(t) = S(t) \cdot B = (L_{AB}(t) \cdot \frac{H(t)}{\operatorname{tg} \varphi(t)}) \cdot H(t) \cdot B \quad (3)$$

$$S(t) = \left(\frac{L_{AB}(t) + 2 \cdot R(t)}{2} \right) \cdot H(t) \quad (4)$$

$$R(t) = \frac{L_{AB}}{2} + \frac{H(t)}{\operatorname{tg} \varphi(t)} \quad (5)$$

где B – ширина вальца катка, м.

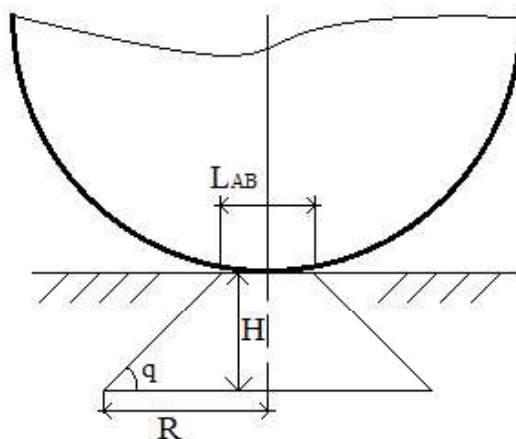


Рис. 2. Активная зона уплотнения

Величина контактного давления на уплотняемый материал зависит не только от технологических параметров дрожной техники, таких как амплитуда, частота колебаний вальца, масса пригруза и рабочего органа, но и от области контакта вальца с уплотняемым материалом.

В процессе уплотнения сопротивление смеси деформированию постоянно увеличивается в связи с увеличением её плотности и её остыванием [2]. Для обеспечения эффективного уплотнения материала в процессе строительства дорожного покрытия необходимо соблюдать следующие условия [3]

$$\sigma_T \leq \sigma_K \leq \sigma_{Pr} \quad (6)$$

где σ_T – предел текучести смеси, МПа; σ_{Pr} – предел прочности смеси, МПа; σ_K – контактное давление вальца на смесь, МПа.

Таким образом, развиваемые контактные давления рабочим органом в процессе уплотнения должны быть больше предела текучести материала для обеспечения эффективного уплотнения и быстрого накопления остаточных деформаций, но меньше предела прочности, чтобы не вызывать возможного разуплотнения и разрушения смеси.

По мере уплотнения сопротивление смеси деформированию возрастает, более выражено проявляются вязкоупругие свойства смеси. Соотношение между вязкопластичными (остаточными) и вязкоупругими свойствами смещается в сторону увеличения вторых и затухания первых. Укатка заканчивается, когда материал испытывает только упругие деформации [4].

Площадь контакта рабочего вальца со смесью уменьшается в процессе уплотнения от прохода к проходу.

Для осуществления моделирования динамических процессов существует различные программные продукты. Ниже приведен небольшой их обзор.

MvStadium – среда моделирования сложных динамических систем. *MvStadium* позволяет быстро создавать визуальные интерактивные модели многокомпонентных непрерывных, дискретных и гибридных (непрерывно-дискретных) систем и проводить с ними активные вычислительные эксперименты. Создание модели, визуализация результатов и управление вычислительным экспериментом не требует написания никакого программного кода.

MvStadium автоматически создает компьютерную модель, соответствующую заданной математической и обеспечивает проведение активного вычислительного эксперимента с компьютерной моделью на уровне абстракции математической модели. Компьютерная модель (выполняемая программа или динамическая библиотека) может использоваться независимо от пакета и встраиваться в программное обеспечение пользователя.

MvStadium поддерживает объектно-ориентированное моделирование и возможность создания пользователем своих собственных компонентов с использованием входного языка. Поддерживается 2D и 3D-анимация.

MvStadium работает на *Intel*-совместимых компьютерах в среде MS *Windows*.

Среда графического программирования *LabVIEW* компании *NationalInstruments*. *LabVIEW* является средой моделирования динамических систем. В нем пользователь может создавать модели, используя графический

язык пакета, а также проводить эксперименты над созданными моделями, собирать и анализировать данные от модели.

Программа *Simulink* является приложением к пакету *MATLAB*. При моделировании с использованием *Simulink* реализуется принцип визуального программирования, в соответствии с которым, пользователь на экране из библиотеки стандартных блоков создает модель устройства или дифференциального уравнения и осуществляет расчеты. При этом, в отличие от классических способов моделирования, пользователю не нужно досконально изучать язык программирования и численные методы математики, а достаточно общих знаний, требующихся при работе на компьютере и, естественно, знаний той предметной области в которой он работает.

Выводы

Используя автоматизированный комплекс управления, оператор катка получает простой, централизованный способ интуитивного управления всеми технологическими операциями. Контроль и текущее изменение параметров ведется с помощью, реализованной в устройстве программы управления, что упрощает понимание сути технологических процессов и позволяет оперативно реагировать на процесс уплотнения при возникновении различных ситуации во время дорожно-строительных работ.

Список литературы

1. Костельов, М. П. Способна ли Россия быстро и резко повысить качество и сроки службы своих автомобильных дорог до китайского, европейского или американского уровня? / М. П. Костельов, В. П. Перевалов, Д. В. Пахаренко // Второй Всероссийский Дорожный Конгресс: сб. науч. тр. – Москва: МАДИ, МОО «Дорож. Конгресс», 2010. – С. 44-50, ил. (439 с.).

2. Леонович, И. И. Взаимозависимость ровности покрытия и прочности дорожной одежды /И. И.Леонович, Ю.В. Буртыль // Строительная наука и техника. 2011. № 1 (34). – С. 76-80

3. Носов, С.В. Обобщенная динамическая модель взаимодействия уплотнителей с дорожно-строительными материалами /С.В.Носов, // Науч. вестник Воронеж. ГАСУ. Строительство и архитектура. – 2016. – Вып. № 4 (44). – С. 90-98.

4. Dynamic roller compaction for earthworks and roller-integrated continuous compaction control: State of the art overview and recent developments [Электронный ресурс] / Adam Dietmar, Johannes Pistor. Institute of Geotechnics, Vienna University of Technology, Austria. Режим доступа: https://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_248241.pdf.