

**Стороженко М.С., Кияшко И.В.,  
Густелев А.А.**

## **ФОРМИРОВАНИЕ ОДНОРОДНОСТИ И КАЧЕСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

Качество устраиваемых или отремонтированных дорожных асфальтобетонных покрытий определяется их прочностью, ровностью, фрикционными свойствами, а также способностью сохранять эти параметры на заданном уровне в процессе эксплуатации в течение длительного времени, т.е. долговечностью. В соответствии с принципами физико-химической механики прочность и долговечность асфальтобетона, как типичного многокомпонентного материала зависит от однородности его структуры, процесс формирования которой очень сложен и требует учета разнообразных факторов: основные из них - температурные параметры смеси и режим уплотнения. Однородность - это степень неизменности физико-механических свойств, геометрических размеров, параметров технологических процессов, условий эксплуатации и производства работ. Однородность классифицируют: по назначению, координатам, времени. По назначению выделяют однородность по физико-механическим свойствам: по плотности асфальтобетона, водонасыщению, коэффициенту уплотнения, пористости, модулю упругости, пределу прочности на растяжение и сжатие, набуханию и т.д. По координатам оценивают однородность по геометрическим параметрам: по длине дороги, ширине проезжей части, толщине укладываемого слоя, площади покрытия и т.д. По времени оценивают изменение в основном физико-механических свойств в процессе эксплуатации.

Повышение качества и однородности асфальтобетонных покрытий приводит к повышению их надежности. В работе [1] приводится расчет надежности асфальтобетонных покрытий в зависимости от их исходной однородности. Так, через 8 лет при  $C_V^R = 0,04$  (коэффициент вариации прочности асфальтобетона)

будет разрушено 2 % площади асфальтобетонного покрытия, при  $C_V^R = 0,13$  - 8 %, при  $C_V^R = 0,20$  - 24 %.

Чем ниже однородность асфальтобетона, тем выше вероятность появления повреждений на покрытии в виде трещин, выбоин, выкрашиваний. Неоднородность асфальтобетонных покрытий сказывается и на неоднородности транспортно-эксплуатационных показателей проезжей части. Существенное влияние на ровность дорожного покрытия оказывает однородность уплотнения слоев дорожной одежды на основе органических вяжущих. В работе [2] доказано, что однородность дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием по упругим деформациям имеет тенденцию к ее уменьшению со временем, причем более интенсивно для тех дорожных одежд, которые в процессе строительства были более неоднородны. Сроки службы дорожных одежд с уменьшением их однородности закономерно снижаются (рис. 1).



Рисунок 1 - Зависимость сроков службы дорожных одежд от их однородности  $C_V^\varepsilon$  (коэффициента вариации по упругой деформации)

Известно, что определенным температурным интервалам смеси соответствуют оптимальные режимы уплотнения, при которых формируется прочная и однородная структура асфальтобетона. При строительстве и особенно при ремонте асфальтобетонных

покрытий наблюдается значительное изменение температуры как по площади, так и по толщине уплотненного слоя. Основными причинами температурной неоднородности смеси являются: неравномерное остывание по объему при транспортировании, распределении по основанию или в подготовленные для ремонта карты; интенсивный теплообмен с вальцами катка и окружающим воздухом на верхней границе уплотненного слоя, с основанием на нижней границе и с боковыми поверхностями ремонтируемых карт. На неоднородность готового покрытия оказывают влияние сегрегация смеси, температурный режим во время укладки. Расслоение смеси происходит обычно при ее перевозке. Особо большая неоднородность возникает из-за разницы в температуре смеси у краев и в середине укладываемой полосы. Резкое охлаждение асфальтобетонной смеси происходит под влиянием «углового» эффекта, т.е. в пределах начальной укладки полосы покрытия, в ремонтируемых картах, в углах кузова автомобиля-самосвала.

Процесс формирования однородной структуры асфальтобетона завершается на стадии уплотнения асфальтобетонной смеси. Эффективность уплотнения асфальтобетонной смеси, как типичного термопластичного материала с коагуляционным типом структуры, определяется соответствием средней температуры смеси выбранным уплотняющим средством. Известно, что чем выше средняя температура смеси, тем подвижнее асфальтобетонная смесь, и тем меньше должна быть уплотняющая нагрузка. С понижением средней температуры смеси величину уплотняющей нагрузки необходимо увеличить, так как в противном случае возможно недоуплотнение смеси, характеризующееся повышенной пористостью материала и его водонасыщением, избытком свободного битума и низкими физико-механическими свойствами.

Такая теоретическая схема уплотнения асфальтобетонной смеси и получения однородной структуры асфальтобетона предполагает, что температура смеси по объему уплотняемого слоя одинакова и равна средней температуре. В то же время, как было сказано выше, температура асфальтобетонной смеси при строительстве и ремонте асфальтобетонных покрытий известными способами отличается высокой неоднородностью как по площади, так и по толщине уплотняемого слоя.

В процессе уплотнения к слою прикладывается определенная нагрузка, которая в соответствии с рассмотренной выше теоретической схемой, является оптимальной для агрегатов и слоев, температура которых равна средней температуре смеси. В то же время данная нагрузка будет выше средней оптимальной для агрегатов и слоев смеси, температура которых выше средней, и недостаточной для уплотнения агрегатов и слоев смеси, температура которых ниже средней. Несоответствие температуры и уплотняющей нагрузки приводит к формированию дефектов структуры за счет недоуплотнения или «переуплотнения» агрегатов смеси, температура которых отличается от оптимальной для фиксированного значения уплотняющей нагрузки. При недоуплотнении смеси отдельные агрегаты отличаются повышенной пористостью, наличием неструктурированного битума и, следовательно, являются центрами разрушения структуры при эксплуатации покрытий. При этом уплотнение агрегатов с температурой выше средней может привести к сближению зерен минерального остова до предельно недопустимых размеров, раздавливанию отдельных щебенки и последующей их раздвижки в результате действия расслаивающих сил в тонких пленках битума.

В неоднородной по температуре смеси всегда имеется определенное количество элементарных объемов с температурой большей или меньшей ее оптимального значения, при которой обеспечивается формирование прочной однородной структуры асфальтобетона для фиксированных параметров уплотняющего режима. Наличие разнотемпературных агрегатов при уплотнении смеси способствует образованию дефектов структуры асфальтобетона, которые являются концентраторами напряжений и обуславливают преждевременное его разрушений. Этим можно объяснить снижение прочности при сжатии и растяжении с ростом неоднородности структуры асфальтобетона.

Управлять процессами структурообразования асфальтобетона для получения прочной и однородной его структуры возможно на основе достоверных данных о температурном режиме асфальтобетонной смеси в момент уплотнения. Температурное поле укладываемой асфальтобетонной смеси зависит от: начальной температуры смеси  $t_n$ , °С; температуры воздуха  $t_v$ , °С; толщины слоя  $Z$ , м; коэффициента температуропроводности  $a$ , м<sup>2</sup>/ч;

коэффициента теплопроводности  $\lambda$ , ккал/м · ч · град; коэффициента теплообмена  $\alpha$ , ккал/м<sup>2</sup> · ч · град.

Практический опыт строительства и ремонта асфальтобетонных покрытий в различных погодных условиях и результаты научных исследований свидетельствуют о необходимости и возможности аналитических решений по кинетике остывания асфальтобетонной смеси в уплотняемом слое. В уплотняемом асфальтобетонном слое передача тепла происходит в основном за счет кондукции, поэтому теплообмен физической сущности возможно описать уравнением теплопроводности Фурье

$$\frac{\partial t}{\partial T} = a \frac{\partial^2 t}{\partial Z^2}, \quad (1)$$

где  $t$  - температура, °С;  $T$  - время, ч;  $Z$  - переменная координата.

Для решения уравнения (1) рассмотрены физико-тепловые процессы, протекающие в уплотняемых асфальтобетонных слоях. В результате предложена расчетная схема (рис. 2)

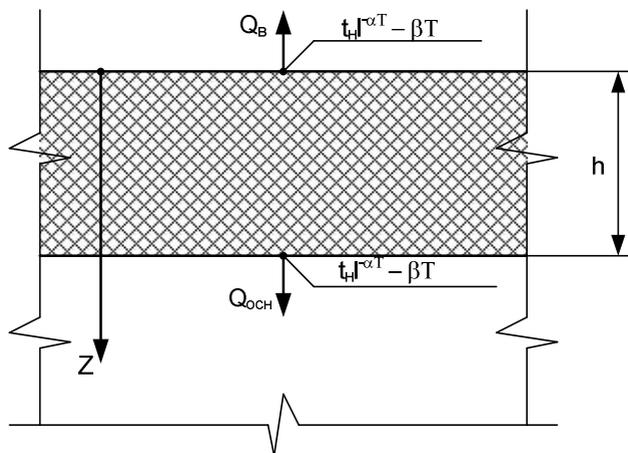


Рисунок 2 - Расчетная схема остывания асфальтобетонной смеси  $Q_{\text{в}}$  - теплоотдача в воздух;  $Q_{\text{осн}}$  - теплоотдача в основание

Краевые условия запишем в следующем виде:

$$\text{начальные условия} \quad t(Z, O) = t_n = \text{const}, \quad (2)$$

$$\text{граничные условия} \quad t(O, T) = t_n \cdot l^{-\alpha T} - \beta T; \quad (3)$$

$$t(h, T) = t_n \cdot l^{-\alpha T} - \gamma T, \quad (4)$$

где  $t_n$  - начальная температура уплотняемого слоя, °C;  $h$  - толщина уплотняемого слоя, м;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  - коэффициенты определяемые экспериментально.

Для принятых граничных условий необходимо ввести ограничения:  $t(O, T) \geq t_n$ ;  $t(h, T) \geq t_{осн}$ , где  $t_n$  и  $t_{осн}$  - соответственно температура воздуха и основания.

Решение задачи выполнено синус-преобразованием Фурье окончательно имеет вид:

$$t(Z, T) = t_n l^{-\alpha T} - \beta T + \frac{(\beta - \gamma) \cdot T}{h} Z + \frac{Z \cdot t_n \beta h^2 e^{-\alpha T}}{h} \sum_{n \neq 1}^{\infty} \frac{(-1)^n - 1}{n(an^2 \pi - \alpha h^2)} \cdot \sin \frac{n\pi}{h} \cdot Z + \frac{Z}{\pi} \frac{h^2}{\alpha \pi^2} \sum_{n \neq 1}^{\infty} \frac{\beta - \gamma (-1)^n}{n^3} \cdot \sin \frac{n\pi}{h} \cdot Z + \frac{2t_n \alpha h^2}{\pi} \cdot \sum_{n \neq 1}^{\infty} \frac{[(-1)^n - 1] \cdot e^{\frac{\alpha n^2 \pi^2}{h^2} T}}{n(an^2 \pi^2 - \alpha h^2)} \cdot \sin \frac{n\pi}{h} \cdot Z + \frac{Zh^2}{\alpha \pi^3} \sum_{n \neq 1}^{\infty} \frac{\gamma (-1)^n - \beta}{n^3} \cdot e^{\frac{-\alpha n^2 \pi^2}{h^2} T} \cdot \sin \frac{n\pi}{h} \cdot Z. \quad (5)$$

## Выводы

Использование зависимости (5) позволяет проектировать технологию уплотнения асфальтобетонных слоев при строительстве и ремонте покрытий с учетом кинетики остывания смеси. Направленное регулирование теплообменных процессов позволяет на основе принципов физико-химической механики управлять структурообразованием, однородностью и свойствами асфальтобетона. На основе направленного регулирования теплообмена в уплотняемом слое возможно оптимизировать технологические процессы и определить условия, исключая возникновение в ходе этих процессов дефектов структуры асфальтобетона.

## Литература

1. **Руденский А.В.** Обеспечение эксплуатационной надежности дорожных асфальтобетонных покрытий. М.: Транспорт, 1975, 64 с.
2. **Семенов В.А.** Качество и однородность автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1989. - 125 с.
3. **Стороженко М.С., Королев Е.А., Прусенко Е.Д.** Кинетика остывания асфальтобетонной смеси при уплотнении. Тезисы докл. НТК Повышение качества строительства автомобильных дорог в Нечерноземной зоне РСФСР, Владимир, 1984, с. 191-193.