

АНАТОЛИЙ МУРАШОВ, АНДРЕЙ ЛУПАНОВ, АНАТОЛИЙ ЗАЙЦЕВ \*

## ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ СТАРОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

---

### GRINDING OF THE OLD ASPHALT CONCRETE IN THE ELECTROMAGNETIC FIELD

#### А н н о т а ц и я

Размол старого асфальтобетона включает две стадии. Вторая стадия - размол в электромагнитном поле. В статье дано решение для получаемой функции распределения размера частицы в процессе размола и определение зависимости удельной поверхности от времени размола. Определены теоретические и экспериментальные результаты.

*Ключевые слова: размол, асфальтобетон, функция распределения, удельная поверхность*

#### A b s t r a c t

The grinding of the old asphalt concrete includes two studies. The second study is the grinding in the electromagnetic field. The solution of the determinate distribution function of particle size in the grinding process and determination the dependence of specific square from the grinding time was doing. Theoretical and experimental results are dependent.

*Keywords: grinding, asphalt concrete, distribution function, specific surface*

---

\* Д. т. н. профессор Анатолий Мурашов, к. т. н. доцент Андрей Лупанов,  
д. т. н. профессор Анатолий Зайцев,  
Ярославский государственный технический университет.

## 1. Введение

Основными строительными материалами для ремонта и реконструкции дорог в России являются битумоминеральные материалы, стоимость которых увеличивается в последние годы в связи с резким ростом цен на нефть и энергоресурсы. В этой связи все большее применение находят технологии, основанные на переработке старого асфальтобетона. Переработка включает две стадии: измельчение в молотковой дробилке и тонкое измельчение в электромагнитном поле.

Исследования измельчения старого асфальтобетона в электромагнитном поле включают в себя определение гранулометрического состава и увеличения удельной поверхности.

## 2. Технология переработки старого асфальтобетона

Одна из особенностей старого асфальтобетона заключается в том, что на переработку этот материал поступает в виде крошки различного гранулометрического состава. Исследования гранулометрического состава, приведенные в работе [1], показывают, что после фрезерования в составе старого асфальтобетона преобладают крупные агрегаты с размером зерен от 5 до 40 мм.

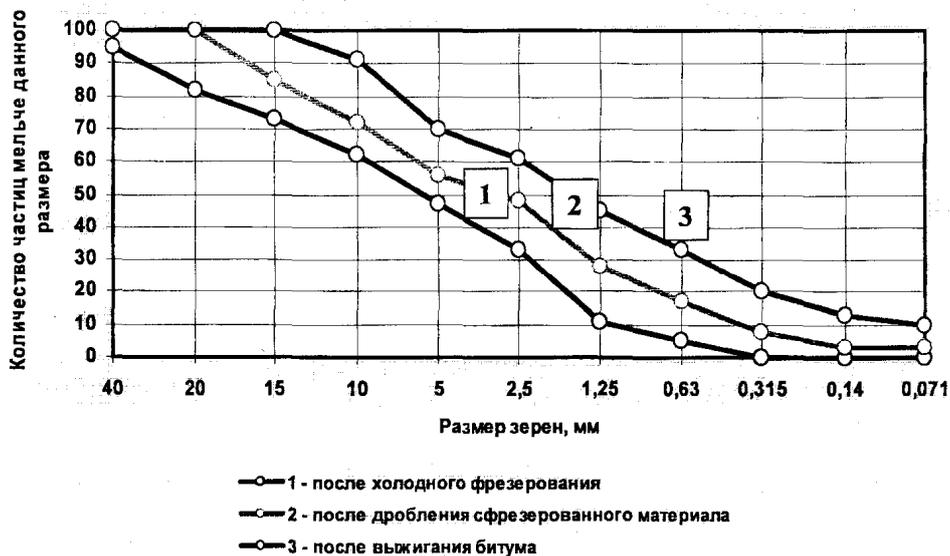


Рис. 1. Распределение частиц старого асфальтобетона по размерам

Fig. 1. Distribution of particle size of the asphalt concrete

После дробления в молотковой дробилке размер агрегатов уменьшается в основном за счет уменьшения содержания зерен крупнее 10мм. Однако при этом наблюдается незначительное содержание мелких фракций (менее 0,14 мм). Практически мелкие частицы входят в состав более крупных агрегатов. С другой стороны именно мелкие частицы представляют собой битумоминеральные материалы, вторичное использование которых представляет наибольшую ценность. На рис.1 представлено распределение частиц старого асфальтобетона по размерам до и после дробления в молотковой дробилке.

Повышение качества старого асфальтобетона в части улучшения однородности и выделения битумоминеральных материалов может быть достигнуто за счет повторного измельчения. На основе анализа различных способов измельчения материалов было предложено использовать для повторного измельчения старого асфальтобетона электромагнитный способ [2].

В основе механизма организации диспергирующих усилий лежит действие магнитных сил, которые приводят в движение ферромагнитные частицы. При этом ферромагнитные частицы совершают интенсивное вращательное движение, угловая скорость которого, приблизительно равна круговой частоте переменного тока. Благодаря этому, происходит эффективное истирание поверхности частиц старого асфальтобетона мелющими шарами и образование мелких частиц битумоминеральной смеси без разрушения частиц песка, по поверхности которых она распределена.

### 3. Описание экспериментальной установки

На рис. 2. представлена схема лабораторной установки для электромагнитного измельчения материалов [2], которая включает индуктор 1, рабочую камеру 2, выполненную из немагнитного материала и заполненную постоянными магнитами 3 сферической формы (мелющие тела), конденсатор 4, комплект измерительной аппаратуры 5, источник регулируемого напряжения 6.

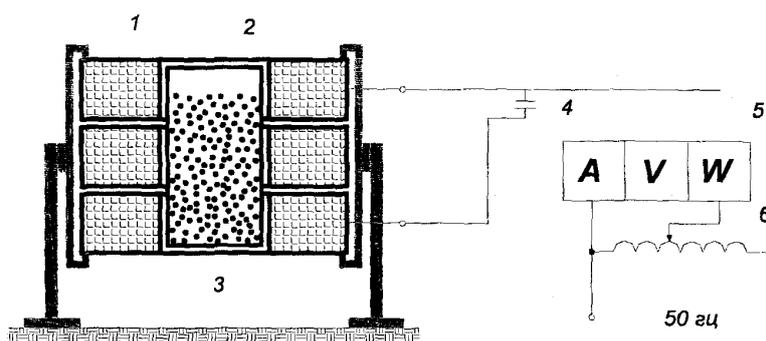


Рис. 2. Схема лабораторной установки

Fig. 2. The plan of the laboratory unit

Лабораторная установка имеет объемом рабочей камеры  $0,005\text{м}^3$ . Напряженность магнитного поля изменяется в пределах  $30800\text{--}63600\text{ А/м}$ ; использовались шары, выполненные из феррита бария, диаметром  $10\text{--}20\text{ мм}$ ; коэффициент заполнения рабочей камеры мелющими телами изменялся в пределах  $0,3\text{--}0,6$ ; коэффициент заполнения рабочей камеры измельчаемым материалом изменялся в пределах  $0,2\text{--}0,5$ .

#### 4. Результаты экспериментальных исследований

Проведенные экспериментальные исследования позволяют сделать вывод о том, что функция распределения измельченных частиц по размерам  $F(x)$ , в исследуемом диапазоне технологических параметров хорошо описывается уравнением, которое соответствует известному распределению Розина-Раммлера [3].

$$F(x, t) = 1 - (1 - F_0(x))e^{-kx^\alpha} \quad (1)$$

где  $F_0(x)$  – функция распределения в начальный момент времени;  $k$  – кинетическая константа Риттингера;  $\alpha$  – некоторая константа, определяемая конструктивными и технологическими параметрами устройства. На рис. 3 представлены кривые кинетики измельчения, вычисленные по формуле (1).

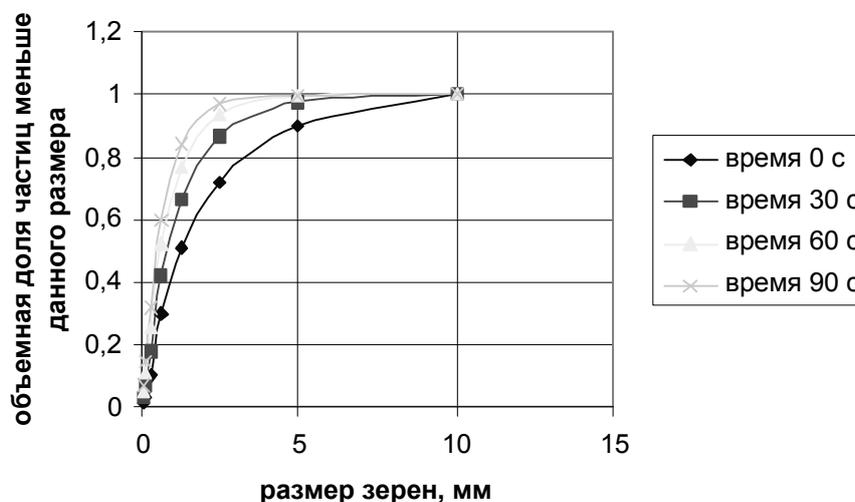


Рис. 3. Кривые кинетики измельчения

Fig. 3. The lines of the grinding kinetics

Основным параметром битумоминеральной смеси является удельная поверхность. На рис. 4 приведено сравнение экспериментальных значений удельной поверхности и рассчитанных в соответствии с распределением (1).

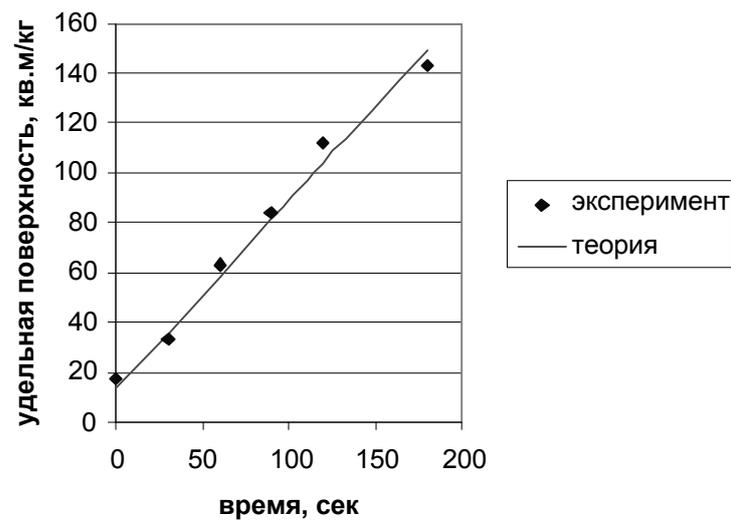


Рис. 4. Зависимость удельной поверхности от времени измельчения

Fig. 4. Dependence of specific square from the grinding time

#### Symbols

$x$	– particle size	[m]
$t$	– time of the grinding process	[s]
$F(x, t)$	– distribution function	
$k$	– Ritinger constant	[g/c <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]
$\alpha$	– specific constant	

## Литература

- [1] Лупанов А. П., Балашов С. Ф., Кирюхин Г. Н.: *Применение гранулята старого асфальтобетона при производстве асфальтобетонных смесей*, В сб.: „Строительство и эксплуатация дорог: Научные исследования и их практическое применение”, Научн. Труды МАДИ., 2006, 165-170.
- [2] Лупанов А. П.: *Методы и оборудование для электромагнитной обработки различных материалов*, РАСХН, 2006.
- [3] Абросимов В. А., Кузнецов Ю. Н.: *Аппарат для диспергирования пигментов в связующих с использованием энергии магнитного поля*, Лакокрасочные материалы, №5, 1982, 45-46.
- [4] Кафаров В. В., Дорохов И. Н., Арутюнов Е. Ю.: *Системный анализ процессов химической технологии: Процессы измельчения и смешения сыпучих материалов*, Наука, 1985.