

**Васильев Юрий Эммануилович**  
Vasiliev Yuri Emmanuilovich  
Московский автомобильно-дорожный  
государственный технический университет (МАДИ),  
кафедра «Дорожно-строительные материалы»  
Moscow Automobile And Road Construction  
State Technical University (MADI), «Road building materials» chair  
Доцент/Docent  
К.т.н.  
E-Mail: vashome@yandex.ru

**Калачев Юрий Николаевич**  
Kalachev Yuri Nikolaevich  
Московский автомобильно-дорожный  
государственный технический университет (МАДИ),  
кафедра «Технологии конструкционных материалов»  
Moscow Automobile And Road Construction  
State Technical University (MADI), «Construction materials» chair  
Доцент/Docent  
К.т.н.  
E-Mail: nk927@yandex.ru

**Субботин Игорь Валентинович**  
Subbotin Igor Valentinovich  
Московский автомобильно-дорожный  
государственный технический университет (МАДИ),  
кафедра «Технологии конструкционных материалов»  
Moscow Automobile And Road Construction  
State Technical University (MADI), «Construction materials» chair  
Научный сотрудник/Research associate  
E-Mail: subbotin-iv@rambler.ru

05.23.05 – Строительные материалы и изделия

### **Исследование влияние ультразвуковой обработки на вязкость битума**

#### **Investigation of ultrasound activated bitumen viscosity**

**Аннотация:** В статье рассматриваются исследования вязкости обработанного ультразвуком битума. Вязкость битума является одной из важнейших характеристик, влияющих на качество асфальтобетонных смесей. Проведены лабораторные исследования вязкости битума на ротационном вискозиметре, а также рассмотрено оборудования для контроля вязкости битума в производственных условиях.

**The Abstract:** Ultrasound treated bitumen viscosity investigations are considered in this article. Bitumen viscosity is one of the most essential properties that affects quality of asphalt-concrete mixes. Laboratory analysis of bitumen viscosity was conducted on rotational viscosimeter, equipment for viscosity control in production conditions was also considered.

**Ключевые слова:** Битум, вязкость, адгезия, ультразвук, реология, вискозиметр.

**Keywords:** Bitumen, viscosity, adhesion, ultrasound, rheology, viscosimeter.

\*\*\*

Качество асфальтобетона зависит как от технологических факторов, так и от состава и свойств вяжущего, применяемого при производстве смеси. Содержание вяжущего в смеси зависит от особенностей формирования его адсорбционно-сольватных слоев на поверхности минеральных материалов. В частности, одним из важных технологических свойств битума является его вязкость при температурах производства смеси.

Одним из основных способов целенаправленного изменения и регулирования структурно-реологических свойств битумов является использование добавок различной химической природы, структурирующих битумную матрицу [1]. Исследования структурно-реологических характеристик композиций сводятся к описанию закономерностей их течения и являются важным инструментом, позволяющим прогнозировать работу материала в условиях его эксплуатации.

Применение ультразвука в области дорожно-строительных материалов было рассмотрено в Харьковском автомобильно-дорожном институте Золотарёвым В.А., Зинченко В.Н. и их коллегами еще в 1970-х годах [2]. В соответствии с данными материалами, ультразвуковая обработка битума снижает его вязкость и повышает адгезию. Эффект ультразвуковой обработки длится определенный временной интервал, поэтому оценивать характеристики вяжущего необходимо в кратчайшие сроки после обработки.

При проведении эксперимента использовался ротационный вискозиметр Fungilab Expert позволяющий определять динамическую или кинематическую вязкость среды (рис. 1). В комплекте с вискозиметром поставляются специальные шпиндели для различных диапазонов величины вязкости.



*Рис. 1. Общий вид ротационного вискозиметра Fungilab Expert*

Характеристики вискозиметра:

- Точность  $\pm 1\%$

- Разрешение:

При использовании адаптера малых проб: 0.01

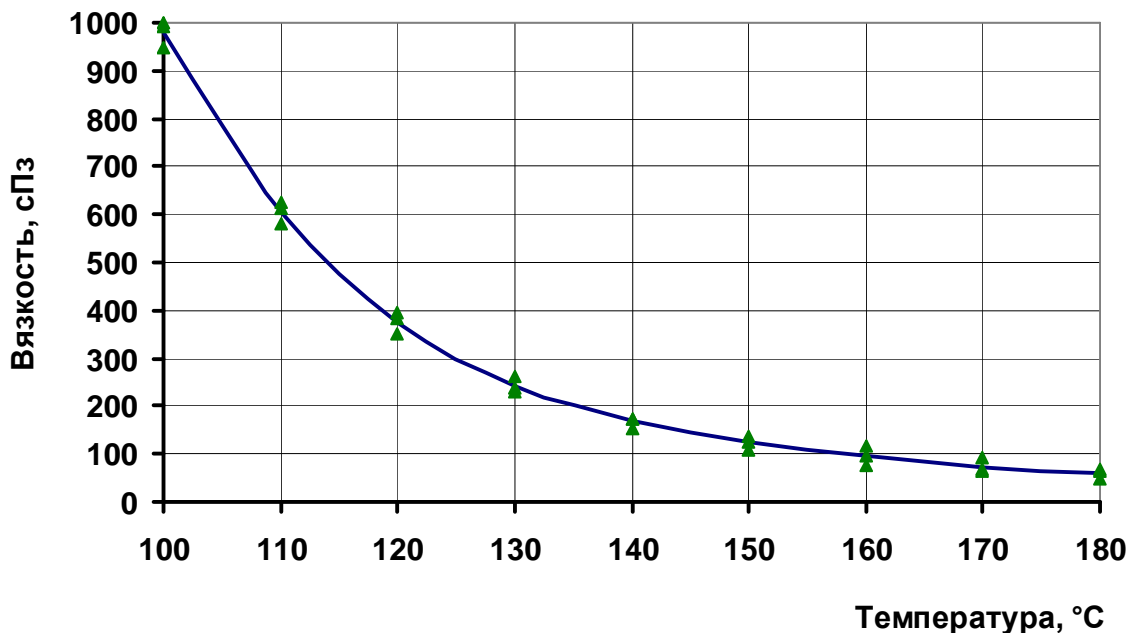
Для образцов с вязкостью меньшей 10.000 сПз: 0.1

Для образцов с вязкостью равной или большей 10.000 сПз: 1

- Воспроизводимость: 0.2%

Для определения зависимости вязкости битума от режимов ультразвуковой обработки, сначала необходимо получить величину вязкости исходного битума до обработки при различных температурах. Был рассмотрен температурный интервал от 100°C до 180°C, который перекрывает основной диапазон технологических температур вяжущего, а также соответствует определенному уровню разрушения надмолекулярной структуры битума.

В центр ёмкости с предварительно разогретым до 180°C битумом помещался измерительный шпindel вискозиметра, проводилось измерение вязкости в сантипуазах при данной температуре. За значение вязкости принимался усреднённый результат трёх замеров. Дальнейшие измерения при охлаждении битума осуществлялись в интервале 10°C до достижения битумом 100°C.



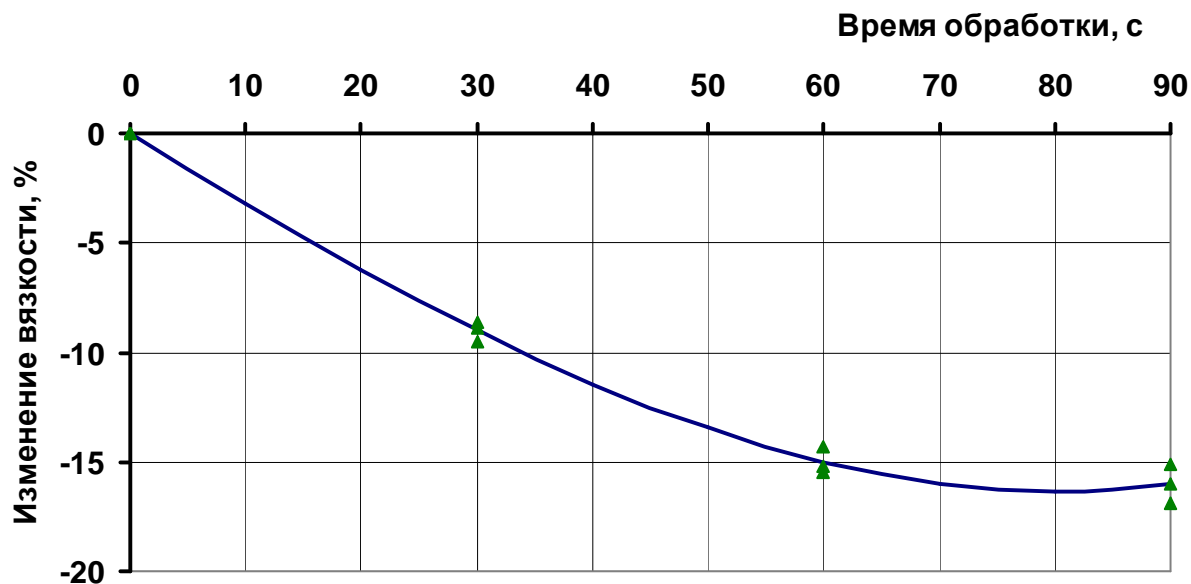
*Рис. 2. Зависимость вязкости от температуры*

По графической обработке полученных данных (рис. 2) получена зависимость вязкости битума от температуры. Основываясь на полученных результатах, можно определить изменения вязкости битума после ультразвуковой обработки в любой точке технологического диапазона температуры. В дальнейших исследованиях была принята температура 150°C.

Для проведения испытаний применялась ультразвуковая установка, собранная на основе стержневой магнитострикционной колебательной системы, имеющей потребляемую мощность 1,5 кВт и резонансную частоту 22 кГц. Колебательная система возбуждалась ультразвуковым генератором УЗГ-2-22 мощностью 2,0 кВт, снабженным системами автоматической подстройки частоты и амплитуды колебаний.

Проба битума подвергалась ультразвуковой обработке с амплитудой смещения 5 мкм в течение 30, 60, 90 секунд, после каждых 30 с обработки проводилось измерение вязкости. Изменение величины вязкости оценивалось в процентах относительно исходного необработанного битума.

Из графика, построенного по полученным данным (рис. 3) можно сделать ряд выводов. Снижение вязкости битума наблюдается уже после 30 секунд обработки, далее снижение величины продолжается и достигает минимума при 60 секундах, что соответствует максимальному значению диэлектрической проницаемости, полученному ранее [4]. При длительности обработки свыше 60 с наблюдается стабилизация величины вязкости, а значение, полученное при 90 с отличается незначительно от величины при 60 с.



*Рис. 3. Зависимость вязкости от времени обработки ультразвуком*

Полученные результаты объясняются разрушением надмолекулярной структуры битума, в частности мицелл асфальтенов с образованием свободных радикалов [2]. Снижение вязкости битума с одновременным увеличением адгезии является важным условием для обеспечения равномерной тонкой плёнки вяжущего, покрывающего поверхность минеральных материалов, т.к. равномерность и полнота покрытия зависят от величины смачивания битумом минералов. Величина смачивания битумом поверхности минерального материала определяется, среди прочих условий, молекулярно-поверхностными свойствами битума и его вязкостью [5].

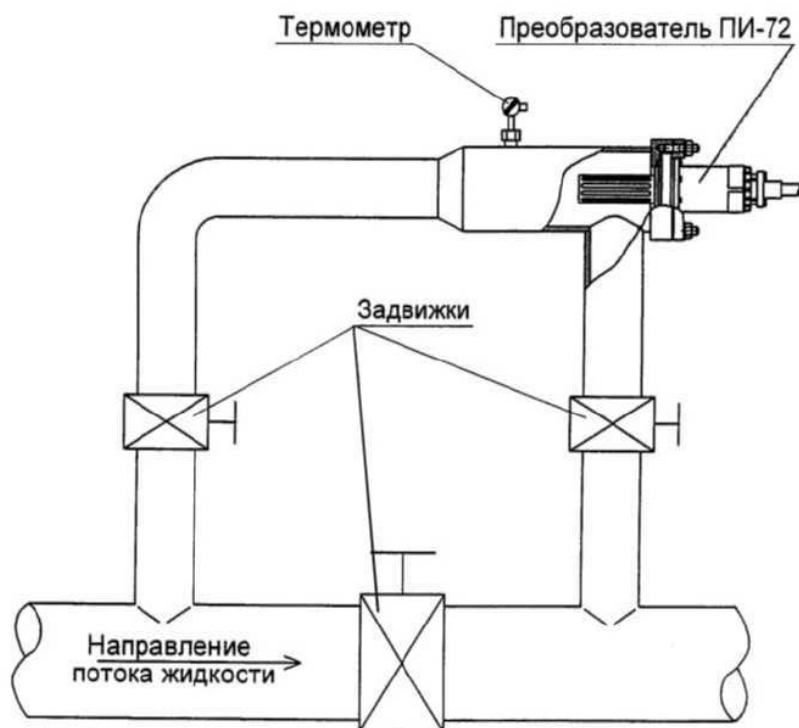


*Рис. 4. Вискозиметр вибрационный ВВН-8 с блоком управления*

При переходе от лабораторных условий к производственным, необходимо учитывать, что вязкость битума должна быть измерена в непрерывном потоке при технологических температурах. Для этой задачи выбран вибрационный вискозиметр ВВН-8, осуществляющий не-

прерывное измерение и регулирование вязкости (рис. 4). Данный аппарат может быть использован как самостоятельно, так и с устройством пробоотбора и пробоподготовки.

В основу работы вискозиметра ВВН-8 положен вибрационный метод измерения вязкости, заключающийся в том, что в измерительном преобразователе при помощи электромагнитной системы поддерживается постоянная амплитуда колебаний чувствительного вибрационного элемента, погруженного в анализируемую жидкость, при этом измеряется значение переменного тока, протекающего в цепи возбуждения электромагнитной системы, который пропорционален вязкости анализируемой жидкости.



**Рис. 5.** Схема установки вискозиметра ВВН-8 на битумопровод

Конструкция и характеристики данного вискозиметра позволяют смонтировать его в комплексе технологического оборудования для ультразвуковой обработки битума на асфальто-бетонных заводах (рис. 5). Вискозиметр может быть установлен как после узла ультразвуковой обработки битума, так и перед ним, таким образом, появляется возможность определять изменения, вносимые однократным проходом битума через ультразвуковую установку.

Выполненные исследования и рассмотренное оборудование позволяют измерять вязкость битума, прошедшего ультразвуковую обработку, как в лабораторных, так и в производственных условиях. Вискозиметры ВВН-8 в сочетании с измерителями температуры битума и измерительными конденсаторами для оценки величины адгезии по показателю диэлектрической проницаемости [4] позволяют оценивать необходимые технологические свойства битума в процессе производства асфальтобетонных смесей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Н. М. Руденская, А. В. Руденский, Реологические свойства битумов (Москва: 1967).
2. Зинченко В.Н. Исследование влияния ультразвуковой обработки битума на структурообразование и свойства асфальтобетона: Дисс. канд. техн. наук. – Харьков, 1979. – 243 с.
3. Урьев Н. Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. — М.: Химия, 1988. — 255 с.
4. Субботин И. В. Применение ультразвуковой активации битума на асфальтобетонных заводах //Интернет-журнал «Наукоедение». 2012 №4 (13) [Электронный ресурс].-М. 2012-Ид. номер ФГУП НТЦ "Информрегистр" 0421100136008. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/27tvn412.pdf>, свободный – Загл. с экрана.
5. Т.С.Худякова, Д.А.Розенталь, И.А.Машкова Адгезионные свойства нефтяных битумов и способы их корректировки. - Обзорная информация. Серия: Переработка нефти. Выпуск № 3 Тематический обзор. - Москва, ЦНИИТЭнефтехим, 1991 с. - 19 с.

**Рецензент:** Штефан Юрий Витальевич, старший научный сотрудник ООО МИП «МА-ДИ-ДТ», кандидат технических наук