

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2686340

### СПОСОБ ОЦЕНКИ СЦЕПЛЕНИЯ БИТУМА С МИНЕРАЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Ивкин Алексей Сергеевич (RU), Васильев Валентин Всеволодович (RU), Саламатова Елена Валентиновна (RU), Майданова Наталья Васильевна (RU), Кондрашева Наталья Константиновна (RU)*

Заявка № 2018128829

Приоритет изобретения 06 августа 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 25 апреля 2019 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 06 августа 2038 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев







ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01N 33/42 (2019.02); G01N 19/04 (2019.02)

(21) (22) Заявка: 2018128829, 06.08.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
06.08.2018

Дата регистрации:  
25.04.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.08.2018

(45) Опубликовано: 25.04.2019 Бюл. № 12

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет", отдел интеллектуальной  
собственности и трансфера технологий (отдел  
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Ивкин Алексей Сергеевич (RU),  
Васильев Валентин Всеволодович (RU),  
Саламатова Елена Валентиновна (RU),  
Майданова Наталья Васильевна (RU),  
Кондрашева Наталья Константиновна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: ВАСИЛЬЕВ В.В., ИВКИН А.С.,  
САЛАМАТОВА Е.В., МАЙДАНОВА Н.В.  
Совершенствование методов определения  
сцепления битума с минеральными  
материалами, Известия СПбГТИ (ТУ),  
N42(68), 2018, с.58-61. ДСТУ Б В.2.7-81-98  
Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод  
определения показателя сцепления с  
поверхностью стекла и каменных  
материалов, Государственный стандарт  
(см. прод.)

## (54) СПОСОБ ОЦЕНКИ СЦЕПЛЕНИЯ БИТУМА С МИНЕРАЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам оценки сцепления битума с минеральными материалами, в которых в качестве отрывающего усилия используется действие кипящей/горячей дистиллированной воды. Способ оценки сцепления битума с минеральными материалами включает изготовление пластин из минерального материала, очистку поверхности, сушку, фотографирование, нанесение битума, термостатирование пластин с битумом, фотографирование, кипячение в дистиллированной воде, фотографирование, обработку и анализ изображений в компьютерных программах и расчет коэффициента сцепления. Длина и ширина

пластины выбираются таким образом, чтобы площадь прямоугольника, в который может поместиться любое минеральное зерно на поверхности пластины, составляет не более 0,23% от площади поверхности пластины, на которую планируется наносить битум. Наибольшая высота профиля шероховатости поверхности пластины находится в пределах базовой длины не более 40,0 мкм. Коэффициент сцепления рассчитывают по формуле:

$$A = \frac{(D_t - D_0)}{(D - D_0)} \cdot 100\%, \text{ где } D_t - \text{интегральная}$$

оптическая плотность изображения пластины

после испытания, усл. ед.,  $D_0$  - интегральная оптическая плотность изображения пластины до нанесения битума, усл. ед.,  $D$  - интегральная оптическая плотность изображения пластины

полностью покрытой битумом после термостатирования, усл. ед. Изобретение обеспечивает повышение точности и объективности оценки сцепления битума с минеральными материалами. 4 ил., 6 табл., 2 пр.

(56) (продолжение):

Украины, Киев, 1999, утв. Приказом Госстроя Украины от 03.12.98 г. N279 [он-лайн], [найдено 07.02.2019], Найдено из Интернет:

[https://dnaop.com/html/44210/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3\\_%D0%91\\_%D0%92.2.7-81-98/](https://dnaop.com/html/44210/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_%D0%91_%D0%92.2.7-81-98/).

ЕФРЕМОВ С.В. Определение сцепления битума с каменными материалами в асфальтобетоне фотометрическим методом, Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, 2005 [он-лайн], [найдено 07.02.2019], Найдено из Интернет:

<https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-stsepleniya-bituma-s-kamennymi-materialami-v-asfaltobetone-fotometricheskim-metodom>  
SU 171663 A1, 26.05.1965. BY 6077 C1, 30.03.2004. CN 103900957 B, 20.04.2016. CN 106442949 A, 22.02.2017.

R U 2 6 8 6 3 4 0 C 1

R U 2 6 8 6 3 4 0 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(19) **RU** (11) **2 686 340**<sup>(13)</sup> **C1**

(51) Int. Cl.  
*G01N 33/42* (2006.01)  
*G01N 19/04* (2006.01)

(52) CPC  
*G01N 33/42* (2019.02); *G01N 19/04* (2019.02)

(21) (22) Application: **2018128829, 06.08.2018**(24) Effective date for property rights:  
**06.08.2018**

Registration date:  
**25.04.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **06.08.2018**(45) Date of publication: **25.04.2019** Bull. № 12

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,  
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet", otdel intellektualnoj sobstvennosti i  
transfera tekhnologij (otdel IS i TT)**

(72) Inventor(s):

**Ivkin Aleksej Sergeevich (RU),  
Vasilev Valentin Vsevolodovich (RU),  
Salamatova Elena Valentinovna (RU),  
Majdanova Natalya Vasilevna (RU),  
Kondrasheva Natalya Konstantinovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet" (RU)**

(54) **METHOD OF ASSESSING ADHESION OF BITUMEN WITH MINERAL MATERIALS**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to methods of assessing adhesion of bitumen with mineral materials, in which the action of boiling / hot distilled water is used as tear-off force. Method of assessing adhesion of bitumen with mineral materials includes making plates from mineral material, surface cleaning, drying, photographing, application of bitumen, thermostating plates with bitumen, photographing, boiling in distilled water, photographing, processing and analysis of images in computer programs and calculation of adhesion coefficient. Length and width of the plate are selected so that the area of the rectangle into which any mineral grains can be placed on the surface of the plate is not more than 0.23 % of the surface area of the plate whereat bitumen is to be applied. Maximum height of

profile of surface roughness of plate is within basic length of not more than 40.0 mcm. Coefficient of adhesion is calculated by formula:

$$A = \frac{(D_1 - D_0)}{(D - D_0)} \cdot 100 \%, \text{ where } D_1 \text{ is integral image}$$

density of plate after test, con. units,  $D_0$  is integral image density of plate before application of bitumen, con. units,  $D$  – integrated optical density of plate completely coated with bitumen after thermostating, con. units.

EFFECT: invention improves accuracy and objectivity of evaluation of bitumen adhesion with mineral materials.

1 cl, 4 dwg, 6 tbl, 2 ex

RU 2 686 340 C 1

RU 2 686 340 C 1

Изобретение относится к способам оценки сцепления битума с минеральными материалами, в которых в качестве отрывающего усилия используется действие кипящей/горячей дистиллированной воды.

Известен способ оценки сцепления битума с минеральными материалами (ГОСТ 11508-74. Битумы нефтяные. Методы определения сцепления битума с мрамором и песком. М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. 7 с.), в котором используются фракцию минерального материала размером 2-5 мм. После термостатирования битум и минеральный материал смешивают в определенном соотношении и далее погружают в кипящую дистиллированную воду на 30 минут. После чего наблюдатель сравнивает визуально смеси после испытания с фотографиями контрольных образцов из ГОСТа. По этому стандарту условно принято, что соответствие контрольному образцу №1 говорит о полном покрытии битумом поверхности каменного материала, соответствие образцу №2 - покрытию не менее 75%, а образцу №3 - менее 75%.

Недостатками этого способа является то, что он применим только к светлым минеральным материалам (мрамору, известняку и др.), а также то, что визуальная оценка сцепления существенно зависит от субъективных факторов и не может претендовать даже на полуколичественный метод.

Известен способ оценки сцепления битума с минеральными материалами (Худякова, Розенталь и др. Количественная оценка сцепления дорожных битумов с минеральным материалом / Т.С. Худякова и др. // Химия и технология топлив и масел. 1987. №6. С. 35-36), преимуществом которого по сравнению с ГОСТ 11508-74 является количественное выражение результатов испытания: коэффициент сцепления рассчитывается как отношение массы битума в битумо-минеральной смеси после кипячения и сушки к массе битума в битумо-минеральной смеси до кипячения, %.

Недостатком данного способа является то, что битумо-минеральные смеси после испытания с одинаковым значением сцепления могут визуально сильно отличаться друг от друга по степени покрытия минерального материала битумом. Это связано с тем, что лишь небольшая часть битума в ходе испытания отслаивается от поверхности минерального материала. Основная же часть битума может собираться в капли на поверхности минерального материала. В результате чего уменьшение площади покрытия минерального материала происходит значительно (примерно в 2 раза), чем уменьшение массы битума. Из-за чего, по нашему мнению, гравиметрический метод нельзя использовать для оценки сцепления.

Известен способ оценки сцепления битума с минеральными материалами (Ефремов С.В. Определение сцепления битума с каменными материалами в асфальтобетоне фотометрическим методом // Вестник ХНАДУ. 2005. №30. С. 190-193), в котором предложено использовать программные средства для определения доли поверхности каменного материала, покрытого битумом после кипячения. Для этого фотографируют крошку каменного материала до нанесения битума, после нанесения битума и после кипячения в дистиллированной воде. Однако не указано какое именно ПО используется для обработки изображений.

Недостатком этого способа является то, что в процессе фотографирования заметный вклад в погрешность измерения может вносить образование теней между зёрнами минерального материала.

Известен способ оценки сцепления битума с минеральными материалами (ДСТУ Б В.2.7-81-98. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения показателя сцепления с поверхностью стекла и каменных материалов. Киев: Государственный комитет строительства, архитектуры и жилищной политики Украины, 1999. 7 с.),

согласно которому минеральный материал используется в виде прямоугольных пластин с размерами 115×90×10 мм, также можно использовать стеклянные пластины с размерами 70×25×3 мм. Битум наносят равномерным слоем из расчета 0,02 г на 1 см<sup>2</sup> поверхности пластины. Далее эти пластины с битумом погружают в горячую дистиллированную воду на 30 мин. После испытания на каждую пластину накладывают прозрачную измерительную сетку с нарисованными клетками размерами 2×2 мм и подсчитывают количество таких клеток, которые накладываются на битум. Результат выражается в процентах площади поверхности пластины, оставшейся покрытой битумом после погружения в горячую дистиллированную воду.

Недостатком данного способа является то, что оценка коэффициента сцепления в существенной степени зависит от индивидуальных особенностей наблюдателя. Значительная трудоемкость и погрешность не позволяют широко использовать этот метод на практике.

Известен способ оценки сцепления (Золотарев В.А. Технические, реологические и поверхностные свойства битумов. СПб: Славутич, 2012. 147 с.), который по сути является усовершенствованием ДСТУ Б В.2.7-81-98. Усовершенствование, как и у Ефремова, заключается в использовании аппаратных средств для определения площади поверхности пластин, которая остается покрытой битумом после выдерживания их в горячей дистиллированной воде. Для этого пластины после кипячения фотографируют и далее с помощью специальной компьютерной программы вычисляют площадь битумного пятна на фотографии пластины. Использование программного обеспечения позволяет снизить погрешность определения площади покрытия пластин битумом по сравнению с методом ДСТУ Б В.2.7-81-98. Недостатками этого способа является то, что испытание возможно проводить только на стеклянных пластинах, а также то, что при содержании битума 0,02 г на 1 см<sup>2</sup> часть битума удерживается на поверхности в виде крупных капель (так же, как и в ДСТУ Б В.2.7-81-98), из-за чего существенно искажаются результаты испытания.

Известен способ оценки сцепления битума с минеральными материалами (Васильев В.В., Ивкин А.С., Саламатова Е.В., Майданова Н.В. Совершенствование методов определения сцепления битума с минеральными материалами // Известия СПбГТИ (ТУ). 2018. №42. С. 58-61), принятый за прототип. Данный способ также является усовершенствованием ДСТУ Б В.2.7-81-98, однако в отличие от двух предыдущих способов позволяет проводить испытание как на каменных, так и на стеклянных пластинах, а также за счет использования аппаратных средств позволяет минимизировать влияние субъективных факторов на результаты оценки сцепления.

Недостатком данного способа является то, что в нем не учитывается влияние размера минеральных зерен на результаты оценки сцепления битума с горными породами. А именно, для всех типов минеральных материалов предусмотрено изготовление пластин одного размера 70×25×5 мм.

Техническим результатом изобретения является повышение точности и объективности оценки сцепления битума с минеральными материалами.

Технический результат достигается тем, что р длина и ширина пластины выбираются таким образом, чтобы площадь прямоугольника, в который может поместиться любое минеральное зерно на поверхности пластины, составляет не более 0,23% от площади поверхности пластины, на которую планируется наносить битум, при этом площадь поверхности пластины, на которую планируется наносить битум, не должна быть менее 17,5 см<sup>2</sup>, используют пластины с наибольшей высотой профиля шероховатости

поверхности в пределах базовой длины не более 40,0 мкм, на поверхность пластины наносят битум в количестве от 0,003 до 0,004 г/см<sup>2</sup>, термостатирование пластин проводят в горизонтальном положении при температуре от 90 до 150°С в течение не менее 45 мин, а коэффициент сцепления рассчитывают по формуле:

$$A = \frac{(D_i - D_0)}{(D - D_0)} \cdot 100\%,$$

где  $D_i$  - интегральная оптическая плотность изображения пластины после испытания, усл. ед.,

$D_0$  - интегральная оптическая плотность изображения пластины до нанесения битума, усл. ед.,

$D$  - интегральная оптическая плотность изображения пластины полностью покрытой битумом после термостатирования, усл. ед.

Способ поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - пластина из габбро до нанесения битума;

фиг. 2 - пластина из габбро после нанесения битума и термостатирования;

фиг. 3 - пластины из габбро после испытания;

фиг. 4 - фото-таблица пластин из габбро до нанесения битума, после нанесения битума и термостатирования и после испытания, где:

1 - пластины из габбро до нанесения битума;

2 - пластины из габбро после нанесения битума и термостатирования;

3 - пластины из габбро после испытания.

Способ осуществляется следующим образом. Из образца горной породы изготавливают пластины с толщиной  $10 \pm 3$  мм. Длина и ширина пластины выбираются таким образом, чтобы площадь прямоугольника, в который может поместиться любое минеральное зерно на поверхности пластины составляла не более 0,23% от площади поверхности пластины, на которую планируется наносить битум, при этом площадь поверхности пластины, на которую планируется наносить битум, не должна быть менее 17,5 см<sup>2</sup>.

Коэффициент шероховатости поверхности  $R_z$  (наибольшая высота профиля в пределах базовой длины) пластин не должен превышать более 40,0 мкм, так как дальнейшее увеличение шероховатости поверхности приводит к образованию теней на поверхности пластины и, следовательно, увеличивает погрешность оценки сцепления.

Всего изготавливают не менее трех пластин данного образца (отклонение по длине и ширине пластины не должно превышать 1 мм), так как за результат оценки сцепления принимается среднее арифметическое из не менее трех параллельных определений. Причем относительная погрешность измерений, рассчитанная по формуле (1) не должна превышать 15%.

$$\delta = \frac{A_{cp} - A_i}{A_{cp}} \cdot 100\% \leq 15\%, \quad (1)$$

где,  $A_{cp}$  - среднее арифметическое из не менее трех значений коэффициента сцепления, %;

$A_i$  -  $i$ -ое значение коэффициента сцепления, %

Далее очищают поверхность пластин минеральных материалов. Стеклопластины протирают салфеткой, смоченной ацетоном, а затем кипятят в дистиллированной воде в течение 30 мин. Пластины из горных пород и других минеральных материалов (кроме

стекла) кипятят в дистиллированной воде в течение 30 мин.

После этого пластины сушат в вертикальном положении в сушильном шкафу при температуре 150°C.

5 Далее пластины охлаждают при температуре от 20 до 30°C в течение не менее 15 минут. Во время охлаждения каждую пластину фотографируют. Фотосъемку всех пластин производят при одном и том же освещении, положении и настройках фотоаппарата.

10 Далее на поверхность каждой пластины наносят битум (также можно использовать гудрон, крекинг-остаток и др. нефтяные вяжущие) из расчета  $0,003 \pm 0,001$  г битума на  $1 \text{ см}^2$  поверхности пластины. Распределяют битум по поверхности равномерным слоем.

15 Далее пластины с нанесенным битумом термостатируют в горизонтальном положении при температуре от 90 до 150°C в течение не менее 45 мин. Нижний предел этого интервала обусловлен тем, что при температуре ниже 90°C не достигается равномерного растекания битума по поверхности минерального материала в ходе термостатирования, что влияет на результаты оценки сцепления. При температуре выше 165°C происходит окислительное старение битума, что также влияет на результаты оценки сцепления.

20 Далее пластины охлаждают при температуре от 20 до 30°C в течение не менее 15 мин. Во время охлаждения каждую пластину вновь фотографируют. Условия фотосъемки пластин до нанесения битума, после термостатирования и после испытания соблюдаются одними и теми же.

25 Далее на дно водяной бани устанавливают керамическую подставку высотой не менее 40 мм. Заливают дистиллированную воду в баню и доводят ее до кипения. Устанавливают пластины на керамической подставке. Толщина слоя воды над пластинами должна быть 40-50 мм. Расстояние между пластинами должно составлять 10 мм.

30 После 30 мин кипячения воду в водяной бане охлаждают до температуры ниже 35°C и извлекают пластины. Далее пластины сушат на открытом воздухе при температуре от 20 до 30°C в течение не менее 2 часов. Далее каждую пластину фотографируют при тех же условиях, что и ранее.

35 Все полученные изображения обрабатывают в компьютерной программе-фоторедакторе - Adobe Photoshop с целью выделения необходимой области и удаления искажения в перспективе (фиг. 1-3).

Для этого открывают изображение пластины в программе Adobe Photoshop, с помощью инструмента «кадрирование» обрезают изображение по краям пластины (нужно поставить галочку «перспектива» в верхнем меню). В меню «изображение» выбирают «размер изображения». Выставляют размеры изображения: 88 пикселей по ширине, 236 пикселей по высоте, разрешение 30 dpi, тип масштабирования - бикубическое, галочку «сохранять пропорции» необходимо убрать.

40 Повторяют описанные операции для всех изображений.

В Adobe Photoshop размещают все полученные изображения на одном холсте, объединяют слои и сохраняют полученное изображение (фиг. 4). На фигуре 4 изображены пластины из габбро до нанесения битума 1, после нанесения битума и термостатирования 2, и после испытания 3. В компьютерной программе-видеодеנסитометре Sorbfil открывают полученное изображение (фиг. 4) и определяют интегральную оптическую плотность для каждой пластины до нанесения битума, после нанесения битума и термостатирования и после испытания.

Рассчитывают коэффициент сцепления для каждой пластины используя формулу (2):



$$A = \frac{(D_i - D_0)}{(D - D_0)} \cdot 100\%, \text{ где} \quad (2)$$

$D_i$  - интегральная оптическая плотность изображения пластины после испытания, усл. ед.;

$D_0$  - интегральная оптическая плотность изображения пластины до нанесения битума, усл. ед.;

$D$  - интегральная оптическая плотность изображения пластины, полностью покрытой битумом после термостатирования, усл. ед.

Далее определяют относительную погрешность каждого  $i$ -ого коэффициента сцепления по формуле (1):

$$\delta = \frac{A_{cp} - A_i}{A_{cp}} \cdot 100\% \leq 15\%, \text{ где} \quad (1)$$

$A_{cp}$  - среднее арифметическое из не менее трех  $i$ -ых значений коэффициента сцепления, %;

$A_i$  -  $i$ -ое значение коэффициента сцепления, %.

Если относительная погрешность  $i$ -ого значения коэффициента сцепления превышает 15%, то такое значение не используют и в таком случае, если это необходимо, проводят дополнительное испытание, так как за коэффициент

сцепления принимается среднее арифметическое из не менее трех  $i$ -ых значений коэффициента сцепления.

Таблица 1 – Зависимость коэффициента сцепления минеральных материалов от температуры термостатирования

Материал*	Температура термостатирования, °С			
	90	110	130	150
Мрамор	84	81	88	93
Гранит	30	44	46	47
Габбро	38	38	36	55
Стекло	18	18	14	18

\*Наносили БНД-50/70 в количестве 0,003-0,004 г на 1 см<sup>2</sup> поверхности пластин; площадь грани пластины, на которую наносили битум, составляла 17,5 см<sup>2</sup>;  $R_z$  поверхности пластин находилось в пределах 4-10 мкм.

Таблица 2 – Зависимость коэффициента сцепления минеральных материалов от количества битума на 1 см<sup>2</sup> поверхности пластины

Материал*	Количество БНД-50/70 на 1 см <sup>2</sup> поверхности пластины, г				
	0,0011	0,0029	0,0057	0,0114	0,0200
Мрамор	82	97	100	99	96
Гранит	50	57	45	47	48
Габбро	57	33	50	45	62
Стекло	22	18	18	25	19

Термостатирование проводили при 150°С; площадь грани пластин, на которую наносился битум, составляла 17,5 см<sup>2</sup>;  $R_z$  поверхности пластин находилось в пределах

от 4 до 10 мкм.

Таблица 3 – Зависимость коэффициента сцепления минеральных материалов от показателя шероховатости  $R_z$  поверхности пластины

Мрамор		Габбро		Гранит		Стекло	
$R_z$ , мкм**	Сцепление*	$R_z$ , мкм**	Сцепление*	$R_z$ , мкм**	Сцепление*	$R_z$ , мкм**	Сцепление*
8,8	90	4,4	43	5,14	47	0,06***	36
9,14	90	4,74	38	7,05	56	4,79	29
10,98	87	5,06	43	8,71	44	5,21	31
11,43	92	7,22	43	15,63	56	8,51	26
14,66	89	8,4	43	16,39	51	9,99	29
16,43	86	12,1	29	17,29	49	12,1	35
21,14	90	14,16	33	23,63	58	22,93	31
24,69	89	15,48	43	27,55	54		
26,4	79	16,73	38				
Скол	Относительная погрешность более 50 %						

\*Термостатирование проводили при 150°C, наносили БНД-50/70 в количестве 0,003-0,004 г на 1 см<sup>2</sup> поверхности пластин; площадь грани пластины, на которую наносили битум, составляла 17,5 см<sup>2</sup>.

\*\*Шлифовку проводили абразивными порошками с крупностью частиц 14, 20 и 40 мкм.

\*\*\*Поверхность без шлифовки.

Таблица 4 – Влияние размеров пластин и размеров минеральных зерен на погрешность результатов оценки сцепления

Минеральный материал	Битум	№ пластины	Интегральная оптическая плотность, усл. ед			Коэффициент сцепления*, %	Среднее значение коэффициента сцепления, %	Максимальное отклонение от среднего значения	Площадь грани пластины, на которую наносится битум, см <sup>2</sup>	Площадь наибольшего минерального зерна, см <sup>2</sup>	Площадь наибольшего минерального зерна/площадь поверхности пластины, %
			0,00%	100,00%	После испытания						
Габбро-диабаз, $R_z$ поверхности в пределах 4-10 мкм	БНД-50/70	1	12,1	14,7	13	35	41	±41×0,07	17,50	0,04	0,23
		2	11,9	14,7	13,1	43					
		3	11,8	14,7	13,2	48					
		4	12	14,7	13	37					
		1	10	12,0	10,7	35	41	±41×0,09	14,25	0,04	0,28
		2	9,8	12,0	10,7	41					
		3	9,6	12,0	10,8	50					
		4	9,8	12,0	10,6	36					
		1	7,5	9,0	8,1	40	44	±44×0,09	10,75	0,04	0,37
		2	7,4	9,0	8,1	44					
		3	7,3	9,0	8,2	53					
		4	7,5	9,0	8,1	40					
		1	5,8	7,1	6,2	31	42	±42×0,11	8,25	0,04	0,48
		2	5,7	7,1	6,3	43					
		3	5,6	7,1	6,4	53					
		4	5,9	7,1	6,4	42					
		1	1,9	2,4	2	20	33	±33×0,17	2,5	0,04	1,60
		2	1,90	2,4	2,1	40					
		3	1,80	2,4	2,1	50					
		4	1,90	2,4	2	20					

\*Термостатирование проводили при 150°C, наносили битум в количестве 0,003-0,004 г на 1 см<sup>2</sup> поверхности пластин

Способ поясняется следующими примерами.

Пример 1. Образец горной породы - габбро нарезали с помощью дисковой пилы на пластины толщиной 10±3 мм. Определили, что наиболее крупное минеральное зерно на поверхностях спила умещается в прямоугольнике с размерами 4×3 мм, то есть его

(минерального зерна) площадь составляет менее  $12 \text{ мм}^2$ , поэтому далее были изготовлены пластины из габбро с размерами  $70 \times 25 \times 10 \text{ мм}$ .

Было изготовлено 3 пластины с размерами  $70 \times 25 \times 10 \text{ мм}$ . Которые далее кипятили в дистиллированной воде в течение 30 мин.

После этого пластины сушили в вертикальном положении в сушильном шкафу при температуре  $150^\circ\text{C}$ .

Далее пластины охлаждали при температуре  $25^\circ\text{C}$  в течение 15 мин. В ходе охлаждения каждую пластину сфотографировали.

После этого на поверхность каждой пластины нанесли по  $0,05 \pm 0,01 \text{ г}$ . битума и распределили битум по поверхности равномерным слоем. Затем пластины с нанесенным битумом термостатировали в горизонтальном положении при  $150^\circ\text{C}$  в течение 45 мин.

После термостатирования пластины охлаждали при температуре  $25^\circ\text{C}$  в течение 15 мин, после чего их сфотографировали и погрузили в кипящую дистиллированную воду на 30 мин.

После 30 мин кипячения воду в емкости охладили до температуры ниже  $35^\circ\text{C}$  и извлекли пластины.

Далее пластины сушили на открытом воздухе при температуре  $25^\circ\text{C}$  2 часа и сфотографировали.

Все полученные изображения обрабатывали в компьютерной программе-фоторедакторе (Adobe Photoshop) с целью выделения необходимой области и удаления искажения в перспективе (фиг. 1-4).

С помощью компьютерной программы-видеодециметра Sorbfil (6.1) определяли интегральную оптическую плотность фотографий каждой пластины в условных единицах.

В таблице представлены результаты измерений интегральной оптической плотности и расчета коэффициента сцепления для трех пластин.

Таблица 5 – Результаты измерений интегральной оптической плотности и расчета коэффициента сцепления

№ пластины	Интегральная оптическая плотность, усл. ед			Коэффициент сцепления, %	Ср. арифм. знач. коэффициента сцепления, %
	До нанесения	Полное покрытие битумом	После испытания		
1	12,2	13,7	13,0	53	60
2	11,9		13,1	67	
3	12,0		13,0	59	

Ниже представлен в качестве примера расчет коэффициента сцепления для пластины №1 (фиг. 1-3):

$$A = \frac{(D_t - D_0)}{(D - D_0)} \cdot 100\% = \frac{(13,0 - 12,2)}{(13,7 - 12,2)} \cdot 100\% = 53\%.$$

Пример 2. Образец горной породы - гранит нарезали с помощью дисковой пилы на пластины толщиной  $10 \pm 3 \text{ мм}$ . Определили, что наиболее крупное минеральное зерно на поверхностях спила, уместается в прямоугольнике с размерами  $5 \times 5 \text{ мм}$ , то есть его (минерального зерна) площадь составляет около  $25 \text{ мм}^2$ , поэтому далее были изготовлены пластины из гранита с размерами  $50 \times 50 \times 10 \text{ мм}$ .

Было изготовлено 3 пластины с размерами  $50 \times 50 \times 10 \text{ мм}$ , которые далее кипятили в

дистиллированной воде в течение 30 мин.

После этого пластины сушили в вертикальном положении в сушильном шкафу при температуре 150°C.

Далее пластины охлаждали при температуре 25°C в течение 15 мин. В ходе охлаждения каждую пластину сфотографировали.

После этого на поверхность каждой пластины нанесли по 0,075±0,010 г битума и распределили битум по поверхности равномерным слоем. Затем пластины с нанесенным битумом термостатировали в горизонтальном положении при 150°C в течение 45 мин.

После термостатирования пластины охлаждали при температуре 25°C в течение 15 мин и погружали в кипящую дистиллированную воду на 30 мин.

После 30 мин кипячения воду в емкости охладили до температуры ниже 35°C и извлекли пластины.

Далее пластины сушили на открытом воздухе при температуре 25°C 2 часа и фотографировали при тех же условиях, что и до нанесения битума.

Все полученные изображения обрабатывали в компьютерной программе-фоторедакторе (Adobe Photoshop) с целью выделения необходимой области и удаления искажения в перспективе.

С помощью компьютерной программы-видео денситометра Sorbfil (6.1) определяли интегральную оптическую плотность фотографий каждой пластины в условных единицах.

В таблице представлены результаты измерений интегральной оптической плотности и расчета коэффициента сцепления для трех пластин.

Таблица 6 – Результаты измерений интегральной оптической плотности и расчета коэффициента сцепления

№ пластины	Интегральная оптическая плотность, усл. ед.			Коэффициент сцепления, %	Ср. арифм. знач. коэффициента сцепления, %
	До нанесения	Полное покрытие битумом	После испытания		
1	22,3	28,7	25,0	42	46
2	23,1		26,0	52	
3	23,5		25,8	44	

Ниже представлен в качестве примера расчет коэффициента сцепления для пластины №1:

$$A = \frac{(D_t - D_0)}{(D - D_0)} \cdot 100\% = \frac{(25,0 - 22,3)}{(28,7 - 22,3)} \cdot 100\% = 42\%.$$

Отличие настоящего изобретения от прототипа заключается в методике нанесения битума на поверхность минеральных материалов, температурном интервале, при котором производят термостатирование, способе обработки результатов, определении необходимой площади пластин в зависимости от размера минеральных зерен, а также исключении операции предварительной шлифовки поверхности пластин.

#### (57) Формула изобретения

Способ оценки сцепления битума с минеральными материалами, включающий изготовление пластин из минерального материала, очистку поверхности, сушку, фотографирование, нанесение битума, термостатирование пластин с битумом, фотографирование, кипячение в дистиллированной воде, фотографирование, обработку и анализ изображений в компьютерных программах и расчет коэффициента сцепления,



отличающийся тем, что длина и ширина пластины выбираются таким образом, чтобы площадь прямоугольника, в который может поместиться любое минеральное зерно на поверхности пластины, составляет не более 0,23% от площади поверхности пластины, на которую планируется наносить битум, при этом площадь поверхности пластины,

5 на которую планируется наносить битум, не должна быть менее 17,5 см<sup>2</sup>, используют пластины с наибольшей высотой профиля шероховатости поверхности в пределах базовой длины не более 40,0 мкм, на поверхность пластины наносят битум в количестве от 0,003 до 0,004 г/см<sup>2</sup>, термостатирование пластин проводят в горизонтальном  
10 положении при температуре от 90 до 150°С в течение не менее 45 мин, а коэффициент сцепления рассчитывают по формуле:

$$A = \frac{(D_1 - D_0)}{(D - D_0)} \cdot 100 \%,$$

15 где  $D_1$  - интегральная оптическая плотность изображения пластины после испытания, усл. ед.,

$D_0$  - интегральная оптическая плотность изображения пластины до нанесения битума, усл. ед.,

20  $D$  - интегральная оптическая плотность изображения пластины полностью покрытой битумом после термостатирования, усл. ед.

25

30

35

40

45

1



**Фиг. 1**

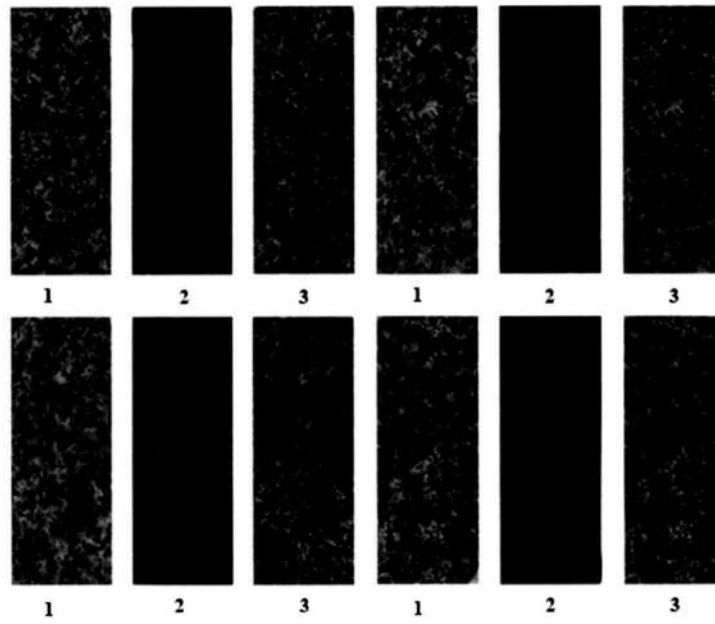


**Фиг. 2**



**Фиг. 3**

2



Фиг. 4