АКАДЕМИЯ НАУК СССР
Сектор физико-технических горных проблем
ордена Ленини Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта



МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПЫЛЕСМАЧИВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ РАСТВОРОВ ПОВЕРХНОСТНО - АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ (ПРИ ОРОШЕНИИ)

Москва
1973

gost.e-ecolog.ru

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СЕКТОР ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПРОБЛЕМ
ОРДЕНА ЛЕНИНА ИНСТИТУТА ФИЗИКИ ЗЕМЛИ им. О.Ю. ШМИДТА

М Е Т О Д И К А

оценки пылесмачивающего действия растворов поверхностно-активных веществ в динамических условиях (при орошении)

М о с к в а
1973

Методика разработана
кандидатами технических наук Л.Д.ВОРОНИНОЙ
В.В.КУДРЯШОВЫМ и инж. М.К.ШУРИНОВОЙ

А Н Н О Т А Ц И Я

В работе рассмотрены условия смачивания пыли при орошении растворами поверхностно-активных веществ и изложена методика оценки смачиваемости пыли растворами ПАВ по предложенным показателям: динамическому поверхностному натяжению и прилипанию пыли к капле раствора при кратковременном контакте. Сформулированы требования к смачивателям для использования при орошении и дан порядок оценки смачивателей.

В качестве примера произведена оценка смачивателя ДБ.

Борьба с пылью в горнодобывающей и особенно в угольной промышленности является сложной научной и технической проблемой. При современных средствах механического разрушения угольного и породного массива до 40% мощности тратится на образование пылевидных фракций, которые, попадая в воздух, загрязняют его. Концентрации пыли на рабочих местах превосходят предельно допустимые значения (2-10 мг/м^3) в сотни и даже тысячи раз. Повышенная запыленность требует применения обеспыливающих мероприятий чрезвычайно высокой эффективности (~ 99%).

Наиболее простым и распространенным способом борьбы с пылью является орошение, которое применяется при работе выемочных и проходческих машин при взрывных работах, для очистки вентиляционных потоков и на всех пунктах перегрузки угля при его транспортировке. Однако, эффективность его не велика и колеблется в широких пределах-30-80%. Для повышения эффективности орошения, с инженерной точки зрения, весьма заманчивой является химреагентная обработка воды, в частности, путем введения добавок смачивателей. Введением поверхностно-активного вещества в количестве 0,1-0,5% можно снизить запыленность воздуха более чем в 2 раза, не меняя при этом технологии гидрообеспыливания.

История использования смачивателей для повышения эффективности гидрообеспыливания насчитывает около 2-х десятилетий. Впервые смачиватели были применены при бурении шпуров с промывкой, которое в то время являлось основным источником образования пыли на рудниках. Подход к решению вопроса был близок к тому, который имел место при флотации. Однако, простой перенос его на орошение

и другие мокрые способы борьбы с пылью не дал ожидаемого результата. Как оказалось, требования, предъявляемые к смачивателям для использования при бурении, отличны от требований, которые должны предъявляться к смачивателям при орошении.

Эти отличия обусловлены, во-первых, тем, что при бурении имеет место система: жидкость (раствор смачивателя) - твердое тело (пыль и штыб), в которой отношение Ж:Т много больше I, при орошении - наоборот Ж:Т $\ll$ I (I0-30 л/т); и во-вторых тем, что при бурении время контакта жидкости с пылью больше времени формирования адсорбционного слоя на границе раздела раствор - твердая частица (пылинка), при орошении время образования и существования новой поверхности (капель) до столкновения с частицами пыли и время контакта капель с пылью весьма мало (0,I-0,2 сек) и соизмеримо со временем образования адсорбционного слоя на границе раздела: жидкость - воздух, жидкость - твердое тело.

Этими особенностями объясняются и противоречивость данных об эффективности применения смачивателей при орошении, и неожиданно низкие ее значения.

Отмеченные условия "работы" смачивателей при орошении требуют нового методического подхода к оценке ПАВ, т.к. ни один из существующих методов (метод максимального давления пузырька, отрыва кольца, пленочной флотации, пропитки, измерения краевого угла смачивания, сталагмометра и др.) не соответствует действительным условиям их применения, а именно: время образования новой поверхности раздела фаз при определении смачивающей способности растворов не соответствует (много больше) времени существования поверхности раздела при орошении пыли диспергированной жидкостью в динамических ус-

ловиях.

Предлагаемая ниже методика дает возможность произвести оценку ПАВ в условиях, близких к действительным, благодаря специально разработанному устройству для автоматического счета капель при сталагмометрическом методе измерения динамического поверхностного натяжения и контактному прибору для оценки адгезионной способности растворов при кратковременном контакте с пылью. Она позволяет оценивать "работу" смачивателей с учетом времени формирования адсорбционного слоя на границе раздела: жидкость - воздух и жидкость - твердое тело, и может быть использована не только для оценки растворов ПАВ при орошении, но и в тех случаях, когда работоспособность смачивателя носит концентрационно-временной характер.

Методика состоит из 4-х разделов: представлений о механизме улавливания и смачивания пыли при орошении; методики измерения динамического поверхностного натяжения; методики определения адгезионной способности растворов ПАВ по отношению к пыли в динамических условиях и порядка оценки смачивателей.

I. О МЕХАНИЗМЕ УЛАВЛИВАНИЯ ПЫЛИ ПРИ ОРОШЕНИИ ВОДНЫМИ РАСТВОРАМИ ПАВ

При встречном движении пылевого потока, потока отбитого полезного ископаемого и потока диспергированной жидкости процесс пылеулавливания, в первую очередь, зависит от вероятности столкновения пылевой частицы с каплей.

На этом этапе существенную роль играют концентрация водного аэрозоля и аэродинамические явления (например, эффект обтека-

ния), которые осложняют условия соприкосновения капли с пылинками размером 0,5-5 мк [I].

Вторым этапом механизма взаимодействия пылевых частиц с каплями жидкости, по предложенной академиком П.А. Ребиндером[2] схеме, является нарушение пылинкой поверхностного слоя капли, зависящее, в первую очередь, от величины поверхностного натяжения жидкости (σ_{12}) на границе раздела с воздухом. Затем жидкость начинает растекаться по поверхности пылинки (Ш этап), вытесняя с нее молекулы адсорбированных газов. На последнем IУ этапе происходит внедрение пылинки в каплю.

Последние три этапа, начиная с момента соприкосновения пылинки с поверхностью капли, можно рассматривать как процесс молекулярного прилипания, обусловленный явлением смачивания, т.е. поверхностным явлением, возникающим при соприкосновении трех фаз (жидкость-газ-твердое тело).

Смачиваемость В характеризуется краевым углом смачивания θ, связанным со свободными поверхностными энергиями трех поверхностей раздела, пересекающихся вдоль периметра смачивания, следующим уравнением

$$B = Cos\theta = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{13}}{\sigma_{12}}, \qquad (I)$$

где σ_{12}; σ_{13}; σ_{23} - силы, действующие на границе раздела фаз соответственно жидкость-газ, жидкость-твердое тело и газ - твердое тело.

Чем больше $B = Cos\,\theta$ для данных веществ, тем полнее и быстрее происходит смачивание твердой поверхности. Очевидно, что величина B будет расти с уменьшением зна-

менателя σ_{12} и с увеличением числителя в уравнении (I). Смачиваемость будет тем лучше, чем больше поверхностная энергия твердого тела на границе с воздухом (σ_{23}) и чем меньше свободная поверхностная энергия (разность полярностей) на границе жидкость-твердое тело (σ_{13}) [3] .

Для снижения σ_{12} воды, которое достаточно велико - 72 эрг/см^2, и для изменения поверхностной энергии на границе жидкость-твердое тело (σ_{13}) применяются различные поверхностно-активные вещества, обладающие слабыми молекулярными связями, обуславливающими их способность положительно адсорбироваться на поверхности растворителя за довольно короткий промежуток времени. К таким веществам, получившим широкое распространение в горнодобывающей промышленности, относятся неионогенные смачиватели ДБ, ОП-7, ОП-10; анионактивные смачиватели алкилсульфаты - ДС-РАС, азолят А, сульфанол; натриевые соли сульфанафтановых кислот - контакт Петрова, азолят Б, ДС-Na и др. Все это - органические соединения, в молекулы которых одновременно входят полярная группа и неполярная углеводородная цепь.

Молекулы ПАВ, переходя в водный раствор, концентрируются на поверхности и ориентируются, погружаясь полярными группами в воду, а неполярными углеводородными цепями - в воздух. Это вызвано тем, что молекулы ПАВ имеют двойственную природу. С одной стороны, полярная группа вызывает сродство молекул ПАВ к полярной фазе (воде), в которой велика интенсивность действия сил молекулярного притяжения. С другой стороны, неполярная углеводородная цепь молекул, не имея почти никакого сродства с водой, имеет сродство либо с гидрофобной поверхностью твердого

тела, либо с газообразной фазой, в которой интенсивность молекулярных сил ничтожна.

Концентрируясь и покрывая поверхность раздела слоем, толщиной в одну молекулу, все перечисленные выше смачивающие вещества позволяют снизить поверхностное натяжение воды в статических условиях до 30-35 эрг/см^2 при концентрациях растворов 0,01-0,5%, но не все они при этом будут обладать одинаковым пылесмачивающим действием.

Это может быть объяснено, с одной стороны, неодинаковой степенью сродства жидкой и твердой фазы, а с другой, тем, что применяемые в горной промышленности смачиватели, относящиеся к группе моющих средств, имеют коллоидно-мицеллярную структуру растворов, скорость диффузии молекул в которых незначительна, так как сопровождается сложными процессами ориентации и перегруппировки молекул в образующихся мицеллах [4]. На формирование равновесных адсорбционных слоев таких растворов (т.е. для достижения $\sigma_{ст.}$) требуется значительное время, иногда порядка нескольких минут [5].

Определение скорости перемещения фронта капель в факеле форсунок, применяемых для орошения пыли, показало, что время движения капель от форсунки до места образования пыли (40-60 см) составляет 60-120.10^{-3} сек.

Поэтому применение ПАВ с большим временем формирования адсорбционного слоя будет неэффективным, а оценка пылесмачивающего действия растворов ПАВ по $\sigma_{дин.}$ со временем образования новой поверхности (капли, пузырьки) 2 и 0,5 сек [5, 6] не дает правильного представления о степени сформированности адсорбционных сло-

ев капель распыляемой жидкости. Это время должно быть порядка 0,1-0,15 сек [7].

С этой точки зрения, является спорным и правомерность определения пылеулавливающей способности используемых при орошении растворов-смачивателей методами измерения краевого угла смачивания, теплоты смачивания, пленочной флотации, пропитки кернов и порошков и др. Все эти методы дают оценку растворам ПАВ в статических условиях, когда адсорбированный слой на поверхности раствора полностью сформирован.

Для выяснения динамических характеристик адсорбционных свойств смачивающих веществ, применяемых при орошении, была разработана предлагаемая ниже методика, позволяющая количественно оценить состояние адсорбированных слоев водных растворов ПАВ на границе жидкость-газ (σ_{12}) и на границе жидкость-твердое вещество (σ_{13}).

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ РАСТВОРОВ ПОВЕРХНОСТНОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

2.1. Метод измерения поверхностного натяжения жидкости с помощью сталагмометра

Сформированность адсорбционного слоя ПАВ следует определять таким прибором и методом, чтобы они были близки по своему характеру и принципу действия к процессу, который изучается. Случаю смачивания каплями частиц пыли при орошении соответствует оценка сформированности адсорбционного слоя ПАВ по поверхностному натяжению, определяемому методом сталагмометра.

В основе метода лежит экспериментально установленное положение: вес капли, отрывающейся под действием силы тяжести от кончика вертикальной трубки, будет тем больше (для данной трубки), чем больше поверхностное натяжение жидкости на границе с воздухом.

Сталагмометр представляет собой стеклянную трубку с расширением в средней части, объем которого V ограничен двумя делениями. Нижняя часть сталагмометра переходит в капилляр, конец которого отшлифован в виде плоского диска для получения одинаковых капель правильной формы /рис. I/.

Вес одной капли жидкости p, вытекающей из объема - V, содержащего n капель при плотности жидкости d и ускорении силы тяжести g будет равен:

$$p = \frac{Vgd}{n} .$$

В тоже время вес отрывающейся капли пропорционален силе поверхностного натяжения (σ), удерживающего каплю на конце капилляра радиуса r :

$$p = 2\pi r \sigma f\left(r/v^{1/3}\right) ,$$

где v - объем капли.

Следовательно

$$\sigma = \frac{Vg}{2\pi r} \cdot \frac{d}{n} \cdot \frac{1}{f\left(r/v^{1/3}\right)} .$$

Выражение $\frac{Vg}{2\pi r} \cdot \frac{1}{f\left(r/v^{1/3}\right)}$ является постоянным для данного сталагмометра (К). Тогда $\sigma = K \frac{d}{n}$.

Подсчитав число капель n_0 жидкости (воды) с извест-

ным поверхностным натяжением σ_0 и число капель исследуемой жидкости n_x, вытекающей из сталагмометра, можно вычислить

$$\sigma_x = \sigma_0 \frac{n_0 d_x}{n_x d_0}, \qquad (2)$$

где d_x - плотность исследуемой жидкости;

d_0 - плотность известной жидкости (воды).

Так как плотность растворов ПАВ и воды практически не отличаются друг от друга, то $d_x/d_0 = I$, и выражение (I) можно переписать в виде

$$\sigma_x = \frac{\sigma n_0}{n_x}, \qquad (3)$$

или $$\sigma_x = \frac{A}{n_x},$$

где $A = \sigma_0 n_0$ - постоянная сталагмометра.

Таким образом число капель n, полученное при вытекании жидкости из объема V, является мерой поверхностного натяжения данной жидкости.

2.2. Устройство для регулирования времени истечения жидкости из сталагмометра

Для изучения $\sigma_{дин}$ растворов ПАВ необходимо при вытекании жидкости из сталагмометра получать стабильно образующиеся капли со временем образования 0,I-2,0 сек.

Эта задача решается путем изменения давления воздуха над жидкостью в сталагмометре. Чем выше давление, тем быстрее

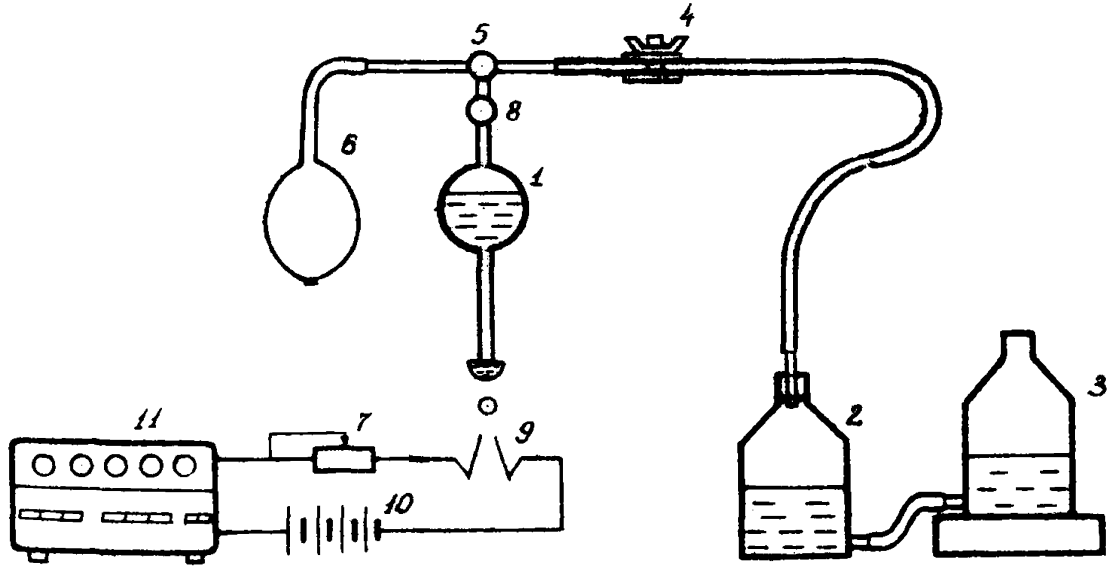
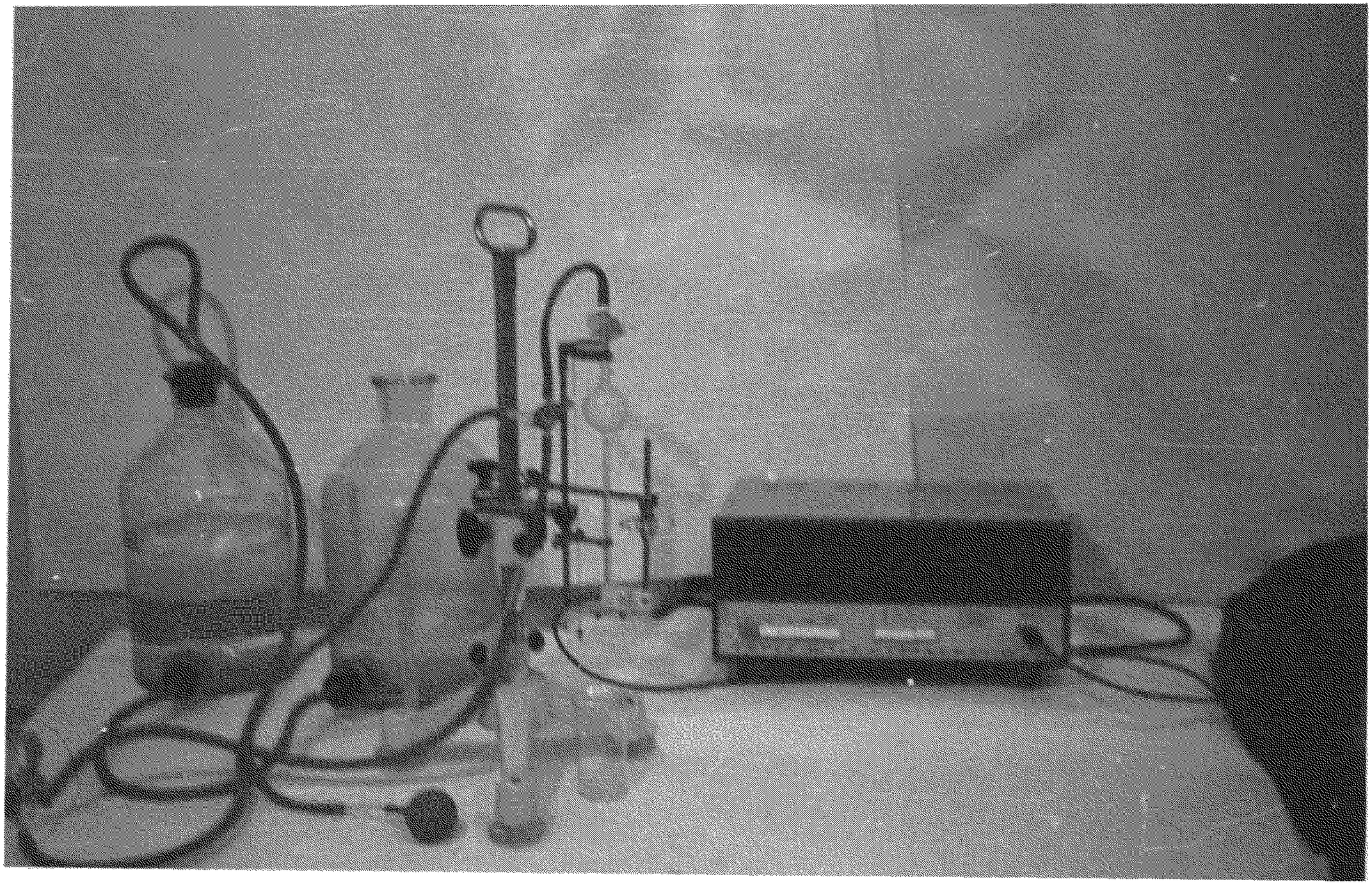


Рис.I. Схема прибора для определения динамического поверхностного натяжения растворов

I - сталагмометр; 2,3 - склянки с тубусом; 4 - зажим Капицы; 5 - трехходовой кран; 6 - резиновая груша; 7 - переменное сопротивление; 8 - кран сталагмометра; 9 -электроды-контакты; I0 - источник постоянного тока; II - счетчик импульсов.



жидкость вытекает из сталагмометра. Избыточное давление над жидкостью в сталагмометре создается подсоединением его к системе сообщающихся сосудов, разность уровня воды в которых определяет величину подпора.

На рис. I представлена схема устройства. Сталагмометр (I) подсоединен резиновым шлангом к склянке (2) с тубусом, которая в свою очередь соединена со склянкой (3). Если уровень воды в склянке (3) выше уровня в склянке (2), то над жидкостью в сталагмометре создается повышенное давление (скорость ее истечения увеличивается) и наоборот, если уровень в склянке (2) выше, чем в склянке (3), над жидкостью создается некоторое разряжение, она вытекает из капилляра сталагмометра медленнее. Это позволяет определять поверхностное натяжение растворов при вышеуказанном времени образования капель (0,I-2,0 сек и более). Увеличение времени образования капель, а также более тонкое регулирование подпора, могут быть получены с помощью зажима Капицы (4), помещаемого на участке между сталагмометром и склянкой.

Если при максимально возможной разности уровней жидкости в склянках не создается необходимого подпора или разряжения, можно изменить уровень установки одной из склянок с помощью подкладок.

2.3. Автоматический счетчик капель.

Одним из основных элементов прибора, определяющего динамическое поверхностное натяжение растворов ПАВ, является приспособление, позволяющее регистрировать и автоматически суммировать число капель, вытекающих из сталагмометра, даже при частоте их падения до I0 капель в I сек.

В качестве датчика использовано контактное устройство, представляющее собой два остроконечных тонких электрода, располагаемых поперек оси движения капель, которые во время падения кратковременно их замыкают. Продолдительность импульсов датчика определяется временем замыкания контактов, т.е. размером капли и скоростью ее движения, и зависит, таким образом, только от самого измеряемого объекта, что гарантирует практическую безинерционность датчика.

Электроды-контакты через источник тока подсоединяются к счетчику электрических импульсов. Величина электрических импульсов определяется электродвижущей силой (ЭДС) источника тока, проводимостью жидкости и расстоянием между контактами, увеличиваемом или уменьшаемом в зависимости от размера капель. Это позволяет в качестве счетчика электрических импульсов использовать счетчики с различной чувствительностью, имеющиеся в современной лабораторной практике. Выбор счетчика импульсов определяется его разрешающей способностью (инерционностью) и требованиями поставленной задачи. При определении динамического поверхностного натяжения растворов ПАВ на пределе дискретности струи вполне пригодны пересчетные приборы типа ПС-64, ПС-100 и другие. Контактное устройство (рис. I) состоит из подвижных электродов (9); переменного сопротивления (7) для регулировки нагряжения на электродах; источника постоянного тока (10), в качестве которого могут быть использованы сухие элементы и аккумуляторы; счетчика импульсов (капель) (11).

Для получения стабильных результатов регистрации падающих капель все провода, соединяющие контактное устройство с источником тока и пересчетным прибором, должны быть экранированы и надежно заземлены. Расстояния между контактами, определяемые размером падающих капель, лежат в пределах I,5–3 мм. Оптимальное расстояние от конца сталагмометра до контактов – I,0–I,5 см. Эти параметры установлены экспериментально.

2.4. Монтаж прибора.

Все вышеперечисленные устройства (сталагмометр, пересчетный прибор и сосуды для изменения давления в системе) размещаются на рабочем столе (см. общий вид прибора рис. 2).

Сталагмометр крепится на металлической подставке и с помощью винтов (I, 2, 3) и держателя (4) устанавливается по отвесу в строго вертикальном положении. Через трехходовой кран (5) он подсоединяется к системе сообщающихся сосудов, связанных между собой согласно схеме, изображенной на рис. I. Заполнение жидкостью сталагмометра производится через капилляр за счет разряжения, создаваемого резиновой грушей(6).

На кронштейне, свободно вращающемся в горизонтальной плоскости, на планке, перемещаемой в вертикальной плоскости с помощью винта, расположены электроды-контакты, расстояние между которыми регулируется винтами.

2.5. Подготовка прибора к работе.

Перед началом проведения опытов сталагмометр должен быть тщательно промыт хромовой смесью, затем водопроводной водой и спиртом, высушен, вертикально закреплен на штативе и подсоединен

к системе сообщающихся сосудов.

Счетчик импульсов включается за время, необходимое для его прогрева и оговоренное в инструкции.

Наличие тока в цепи и исправность работы пересчетного прибора проверяется замыканием электродов-контактов отверткой с рукояткой из изоляционного материала. Склянки заполняются до половины дистиллированной водой.

2.6. Порядок работы с прибором.

Капилляр сталагмометра опускается в стаканчик с исследуемым раствором, трехходовой кран (5) в этот момент закрыт, а кран (8) на сталагмометре открыт (рис.I,2). Легкими нажатиями груши жидкость засасывается в расширенную часть сталагмометра и устанавливается так, чтобы нижняя часть мениска находилась на уровне верхней риски. При засасывании раствора необходимо следить, чтобы в момент поднятия жидкости не образовывались пузырьки и чтобы жидкость не попадала в кран (8).

В зависимости от заданного времени образования новой поверхности капель опытным путем подбираются уровни жидкости в склянках (I и 2).

Электроды-контакты поворотом кронштейна подводятся под капилляр сталагмометра. Затем открывается кран (5), соединяющий сталагмометр с системой сообщающихся сосудов, и кран (8).

В момент замыкания первой каплей электродов-контактов включается секундомер и выключается, когда жидкость пройдет нижнюю риску сталагмометра.

Число капель и время их истечения фиксируются в журнале наблюдений (см. приложение I).

2.7. Методика определения динамического поверхностного натяжения

Методика включает определение постоянной сталагмометра, количества капель исследуемого раствора, вытекающего из него, и вычисление по полученным данным $\sigma_{дин}$. Так как степень сформированности адсорбционного слоя, характеризующая величину поверхностного натяжения растворов ПАВ, зависит от времени его формирования (τ), количества молекул ПАВ, находящихся в растворе (т.е. от концентрации - C), и температуры (t°), влияющей на подвижность молекул, т.е.

$$\sigma_{дин.} = f(\tau, C, t^\circ),$$

то постоянную сталагмометра следует определять в зависимости от τ и t°, а $\sigma_{дин.}$ растворов еще и от C.

Постоянная сталагмометра.

Постоянная сталагмометра $A = \sigma_0 n_0$ определяется для всего диапазона исследуемых времен, т.е. от 0,05-0,1 сек. до 2,0-3,0 сек.

Величина A зависит от конструкции сталагмометра, но практически не зависит, как показали наблюдения, от температуры t° Поэтому A следует измерять только в зависимости от τ .

Порядок работы тот же, что описан в параграфе 2.6.

Дистиллированная вода, температура которой равна температуре окружающего воздуха, засасывается в сталагмометр. Затем, для определения среднего времени образования капель (τ) при нормальном атмосферном давлении, измеряем число капель

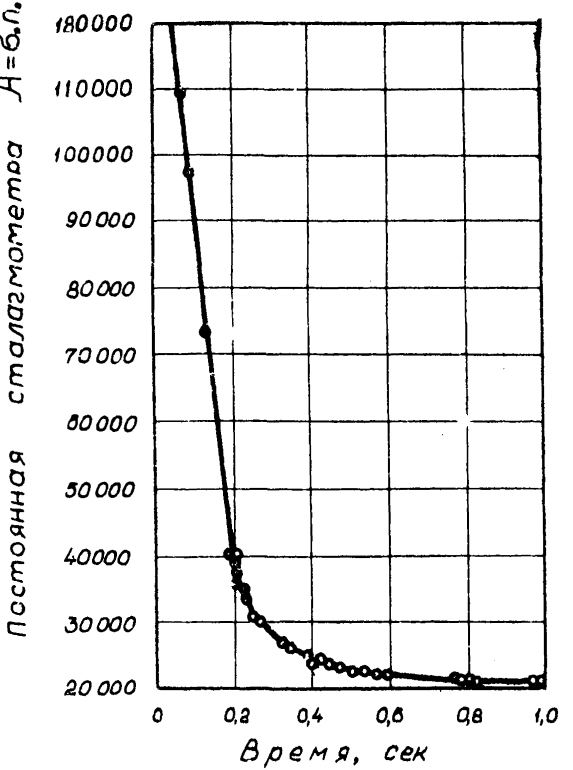


Рис.3. Постоянная сталагмометра.

(n) и время их истечения (T)

$$\tau = \frac{T}{n} \quad . \qquad (4)$$

Полученные результаты заносим в журнал наблюдений (приложение П).

Умножением числа капель (n) на величину поверхностного натяжения дистиллированной воды (σ_0), определяемого из таблицы (приложение Ш) для данной t° воздуха, получаем искомую величину **А**, которую и откладываем по оси ординат, по оси абцисс откладываем среднее время образования капель τ (рис. 3).

Подключая сталагмометр через трехходовой кран к системе сообщающихся сосудов и тем самым изменяя давление воздуха над жидкостью в сталагмометре, определяем последовательно A для 0,I сек, 0,2 сек и т.д. до 3,0 сек.

При этом следует учитывать, что при среднем времени 0,I сек дискретность вытекающей воды находится на пределе, капли имеют минимальный размер, число их возрастает до I500 и более, поэтому настройка электродов -контактов должна производиться особенно тщательно, чтобы не было ни проскока капель, ни постоянного их замыкания.

Начиная со времени 0,25-0,3 сек, и до 0,5-0,6 сек (криволинейный участок) измерения лучше вести через 0,05 сек, стараясь получить 3-4 одинаковых результата. После 0,6 сек замеры вновь можно делать через 0,2 и даже 0,5 сек, т.к. при значительном увеличении времени истечения воды число капель изменяется мало (I-2 капли) и разброс данных не превосходит ±I-2%.

Построение кривой A нужно производить в таком масштабе, чтобы в последующем при работе с растворами ПАВ можно было из графика определить величину A с точностью до 50-100 единиц.

Вместо графика можно также пользоваться таблицей, составленной по результатам замеров (приложение IУ).

Определение поверхностного натяжения растворов.

Порядок работы тот же, что и в случае определения постоянной сталагмометра A (пересчетным прибором фиксируется число капель, секундомером T время их истечения; делением второго на первое получаем среднее время образования одной капли).

Для полученного среднего времени образования одной капли изучаемого раствора по графику (рис. 3) или из таблицы (приложение IУ) определяется соответствующая этому времени величина A, делением ее на общее число капель n_x получаем искомое поверхностное натяжение раствора

$$\sigma_p = \frac{\sigma_0 n_0}{n_x} = \frac{A}{n_x} . \qquad (5)$$

В случае, если плотность раствора d_x значительно отличается от плотности воды d_0, полученный результат следует умножить на $d_x\,[г/см^3]$ (см. 2.I), т.к. $d_0 = 1\,[г/см^3]$.

Приведение данных к одной температуре.

Т.к. измерения могут проводиться при различных температурах, а термостатирование установки значительно усложняет ее, то результат измерения $\sigma_{ст.}$ и $\sigma_{изм.}$ в небольшом интервале температур, например, I5-30°С, с достаточной степенью точности можно приводить к одной и той же температуре, используя линейную

температурную зависимость поверхностного натяжения. Для чего следует определить значения поверхностного натяжения σ_1 и σ_2 исследуемых растворов смачивателя при 2-х различных температурах t_1 и t_2. Тогда поверхностное натяжение σ_t раствора при температуре t вычислятся по формуле

$$\sigma_t = \frac{(\sigma_2 - \sigma_1)t - \sigma_1 t_2 - \sigma_2 t_1}{t_2 - t_1} . \qquad (6)$$

2.8. Пример определения динамического поверхностного натяжения растворов смачивателей

В качестве примера определим динамическое поверхностное натяжение ($\sigma_{дин.}$) используемого в промышленности смачивателя ДБ при концентрациях 0,05-1% и времени образования капель от 0 до 2 сек. Превышение концентрации 0,05% ДБ, при которой наступает адсорбционное равновесие на поверхности раствора в статических условиях, в 20 раз обусловлено влиянием времени на формирование адсорбционного слоя.

Раствор с концентрацией смачивателя 0,05% ДБ[x)] засасывается в сталагмометр. При атмосферном давлении (открытом на воздух кране (5), рис. I), а затем при других давлениях воздуха над жидкостью определяется число капель n и время истечения жидкости. Данные записываются в журнале наблюдений, графа I и 2.

---

x) Определение $\sigma_{дин.}$ растворов различных концентраций следует проводить от малых к большим концентрациям.

Жидкость - раствор ДБ Концентрация - 0,05%

Дата

Число капель n	Время исчетения жидкости, Т,сек	Ср.время образования капли, τ сек	$t°C$ воды	$t°C$ воздуха	Постоянная A	σ динам. раствора
940	I23	0,I30	22^0	22^0	56500	60,I
928	I23,5	0,I34	-	"	55000	59,3
573	I56	0,272	"	"	29250	5I,0
567	I60	0,282	"	"	28700	50,5
586	206	0,352	"	"	25800	44,0
584	2I0	0,360	"	"	25550	43,7
600	402	0,669	"	"	2I900	36,4
6I9	466	0,754	"	"	2I600	34,9
643	780	I,2I3	"	"	2I300	33,I

По этим данным вычисляется среднее время истечения капель τ и определяется соответствующая этому времени по таблице (приложение IУ) или по графику, рис. 3 постоянная сталагмометра A (графы 3 и 4).

Для каждого τ по формуле

$$\sigma_{\text{д}} = \frac{A}{n} \qquad (7)$$

определяется $\sigma_{дин.}$ раствора.

Такие определения были выполнены для всех исследуемых концентраций смачивателя во всем диапазоне значений τ (0,I-2 сек).

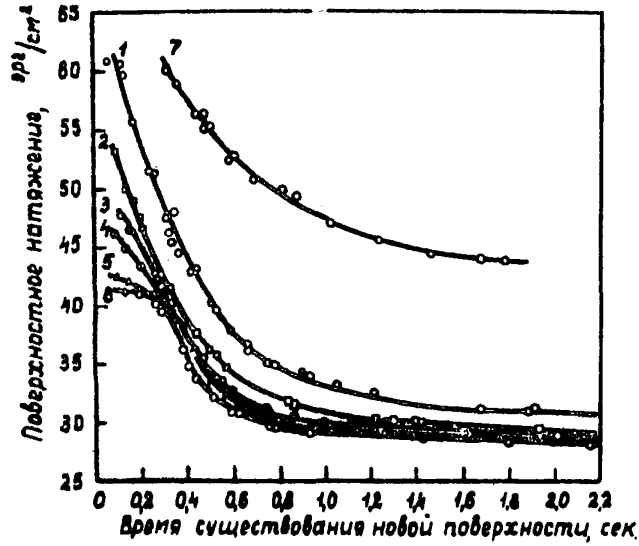


Рис.4. Зависимость поверхностного натяжения растворов ПАВ от времени существования новой поверхности

концентрации растворов: I - 0,05%ДБ; 2 - 0,I%ДБ; 3 - 0,2%ДБ; 4 - 0,3%ДБ; 5 - 0,5%ДБ; 6 - I,0%ДБ; 7 - 0,25%ДС -Na .

На рис. 4 представлены результаты проведенных замеров, из которых видно, что при времени образования поверхностного слоя порядка 0,I сек поверхностное натяжение 0,I% раствора ДБ составляет $\sim$ 55 эрг/см^2, что почти в два раза превышает его статическое значение 28,3 эрг/см^2. При τ = 0,5 сек $\sigma_{дин.}$ выше $\sigma_{ст.}$ всего в I,3 раза, а при τ = I,0 сек отличается лишь на 7% ($\sigma_{1,0}$ = 30,4 эрг/см^2). Причем дальнейшее изме-

нение поверхностного натяжения идет весьма медленно и, как показали замеры авторов и замеры, проведенные в свое время А.Б. Таубманом и С.А. Никитиной, при τ =2,0 сек $\sigma_{равн.}$=29,4 эрг/см^2.

Таким образом, хотя по расчету [5] даже при диаметре капель 100 мк количество молекул, находящихся в 0,1% растворе ДБ, вполне достаточно для полного покрытия поверхности раздела молекулами ПАВ (они составляют всего 20% от числа молекул, оставшихся в объеме после сорбции), но в силу молекулярно-кинетических свойств растворенного вещества (диффузии) этой концентрации недостаточно для существенного снижения поверхностного натяжения раствора в первый момент образования границы раздела жидкость-воздух.

Повышение концентрации раствора ДБ до 0,3, а затем и до 0,5% и 1,0% оказывает влияние на величину поверхностной энергии, которая в интервале минимальных времен образования адсорбционного слоя порядка 0,1-0,2 сек достигает предельного значения ($\sigma_{ст}$ = 41,2 эрг/см^2) при C = 0,5% ДБ.

Начиная с τ = 0,35 сек, кривые 3 и 4 (0,2-0,3% ДБ) практически совпадают с кривой 6 (1% ДБ), к которой постепенно с увеличением времени приближаются и кривые 1,2, соответствующие концентрации ДБ в растворе 0,05 и 0,1%.

Адсорбционное равновесие, т.е. минимальное значение поверхностного натяжения для 0,5% раствора ДБ, наступает при τ = 2,0 сек.

Исследования смачивателя ДС-Na показали, что это вещество менее поверхностно-активно, чем смачиватель ДБ, адсорбционное равновесие для растворов ДС-Na наступает при более высоких концентрациях вещества.

Однако характер изменения поверхностного натяжения растворов ДБ и ДС-Na во времени (рис. 5) для 0,1% ДБ и 0,25% ДС-Na весьма сходен - $\sigma_{мин.}$ резко изменяется в основном в начальный период (0,1-0,8 сек) и постепенно стабилизируется при $\tau \gg$ 1,0-2,0 сек.

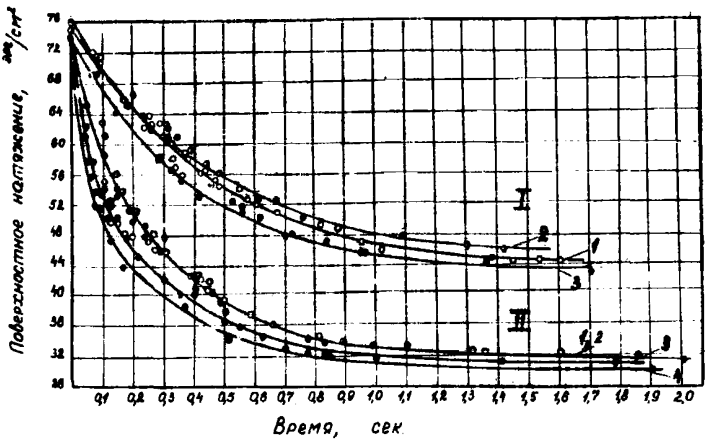


Рис.5. Зависимость поверхностного натяжения растворов от времени существования новой поверхности при различной температуре

I - ДС-Na 0,25%; II - ДБ 0,1%;
1 - 0°С; 2 - 5°С; 3 - 10°С; 4 - 24°С.

Таким образом, поверхностное натяжение растворов смачивателей зависит не только от концентрации раствора, но и от времени образования поверхностного слоя, и носит в начальный период образования поверхности раздела жидкость-воздух ярко выраженный концентрационно-временной характер.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДГЕЗИОННОЙ СПОСОБНОСТИ РАСТВОРОВ ПАВ, В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.

Поверхностная активность ПАВ на границе жидкость-воздух не дает полного представления о смачиваемости твердых частиц, и только в случае гидрофобных поверхностей (напр. парафин) эти величины подобны [3] .

С целью приближения проведения лабораторного эксперимента по характеру и принципу действия к изучаемому процессу (т.е. к процессу орошения пыли), за критерий оценки смачиваемости принято количество (вес) пыли, налипающей на каплю изучаемой жидкости в момент их соприкосновения.

Оценка смачиваемости производится на контактном приборе, позволяющем строго регламентировать время соприкосновения пыли с каплей жидкости при минимальном времени контакта порядка 0,01 сек.

Исследования показали, что вес налипшей на каплю пыли прямо пропорционален размеру частиц в интервале 3,6 - 100 мк и не зависит от дисперсного состава пыли. Мелкие частицы, налипающие на более крупные при рассеве на стандартных ситах, снижают показатель относительной пылеулавливающей способности ПАВ. Поэтому в целях сокращения времени проведения опытов рекомендуется фракция 63-100 мк, от которой мелкие частицы пыли должны быть отделены в процессе пылеприготовления.

3.1. Пылеприготовление.

Приготовление пыли производится в 2 приема. В начале уголь дробится в шаровой мельнице или вручную, в фарфоровой ступке, и рассеивается на стандартных ситах для получения фрак-

ции 63–100 мк в количествах, необходимых для эксперимента.

Очистка полученной фракции пыли от прилипших к ней мелких частиц производится отвеиванием на специальной установке.

Установка для отвеивания.

Отвеивание производится на установке, схема которой показана на рис. 6. Она состоит из цилиндра (I), выполненного из металла или оргстекла, в нижнюю часть которого поступает воздух со скоростью, необходимой для выноса частиц заданного размера и рассчитываемой по формуле

$$V_n = 0{,}003\, d^2 \gamma_n, \ см/сек, \qquad (8)$$

где d – диаметр частиц, в микронах;

γ_n – удельный вес пыли, г/см^3.

Расход определяется количеством отсасываемого воздуха, который при известном сечении цилиндра (S см^2) равен

$$Q = V_n \cdot S, \qquad см^3/сек, \qquad (9)$$

и контролируется стоящим на входе в установку реометром (2). В нижней части цилиндра вмонтирована сетка (3), служащая для равномерного распределения воздуха по всему сечению цилиндра и для сбора выпадающих из потока частиц пыли.

Параметры прибора и режим его работы для очистки пыли от тонких фракций (отвеиванием)

Рабочая фракция, мк	Высота цилиндра, см	Диаметр цилиндра, см	Расход воздуха, л/мин
63–100	18	6	26,2

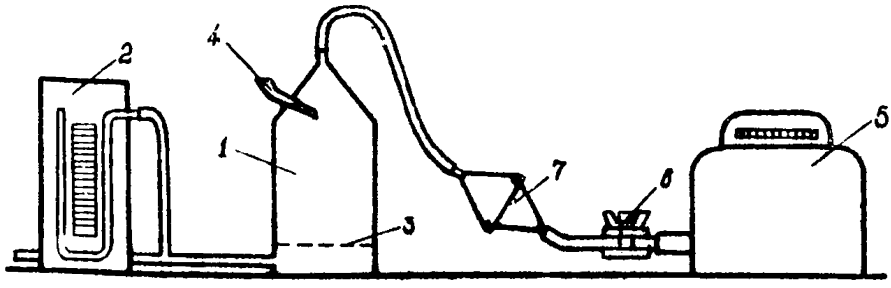


Рис.6. Схема установки для отвеивания пыли

I - цилиндрический сосуд; 2 - реометр; 3 - сетка; 4 - аллонж; 5 - пылесос; 6 - зажим; 7 - контрольный фильтр.

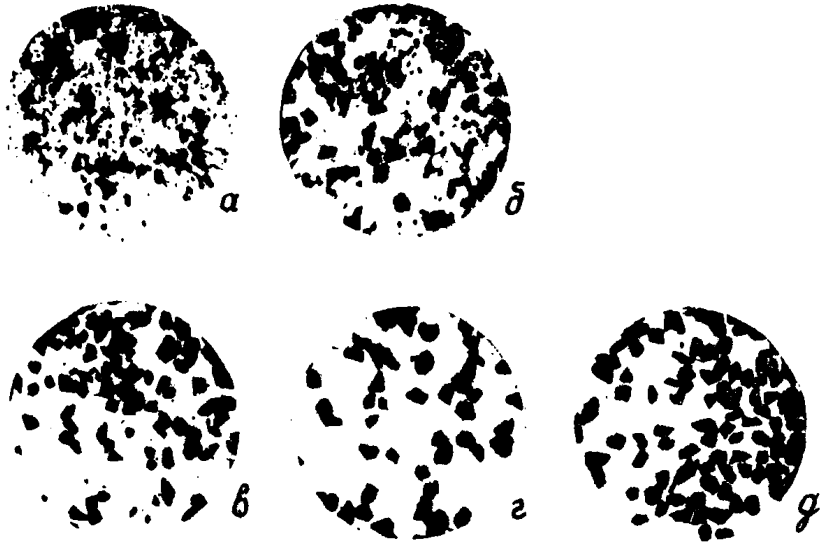


Рис.7. Микрофотография пылевых препаратов

а - до отвеивания; б,в,г,д - после соответственно одного, второго, третьего и четвертого отвеиваний.

Для подачи пыли и провеивания ее в потоке в верхней части цилиндра под углом 45^0 установлен стеклянный аллонж (4), в который в течение I-2 мин вручную с лотка подается I-2 г пыли.

Отвеивание пыли состоит из следующих операций:

I) Пыль делится на небольшие порции по весу (I-2 г) или по объему.

2) Порция пыли помещается на лоток, с которого она может свободно и без остатка ссыпаться.

3) Включается побудитель тяги прибора (5), и по реометру, работой зажима (6), устанавливается расчетное количество отсасываемого воздуха.

4) Время подачи пыли в прибор - I-2 мин фиксируется песочными часами или секундомером.

5) После отвеивания отключается тяга, прибор разбирается, а пыль, скопившаяся на нижней сетке (3), аккуратно пересыпается в чистую баночку.

6) Результаты отвеивания контролируются взвешиванием контрольного фильтра (7) или с помощью микроскопа.

7) Отвеивание производится до тех пор пока привес фильтра в опыте не будет превышать I0% от веса пыли, полученного после провеивания. Обычно требуется не более трех провеиваний. Контроль с помощью микроскопа более простой и надежный.

На рис. 7 представлены фотографии пыли наиболее трудно отвеиваемого угля марки К, из которых следует, что для углей марки К достаточно трехкратного отвеивания, для углей высоких и низких стадий метаморфизма достаточно двух и даже однократной обработки.

3.2. Устройство контактного прибора.

Прибор системы проф. В.А.Глембоцкого (схема рис.8, общий вид рис.9), изготовленный в специальном конструкторском бюро АН СССР, состоит из двух блоков:

- электронного генератора импульсов заданной величины (I);
- электродинамической головки, смонтированной на колонке с подвижными платформами и микроскопом (II).

Контакт пыли с поверхностью пылевого препарата осуществляется электродинамической головкой.

Время контакта обусловливается длительностью одиночного электрического импульса, подаваемого в обмотку катушки подвижной системы электродинамической головки от генератора импульсов, величиной капли и расстоянием между каплей и пылью.

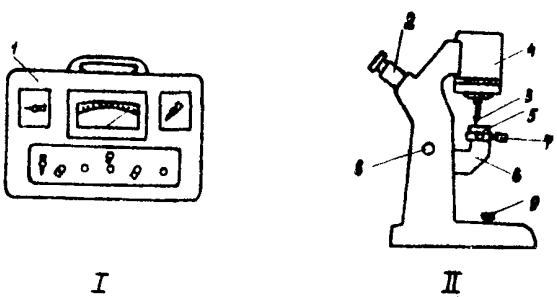
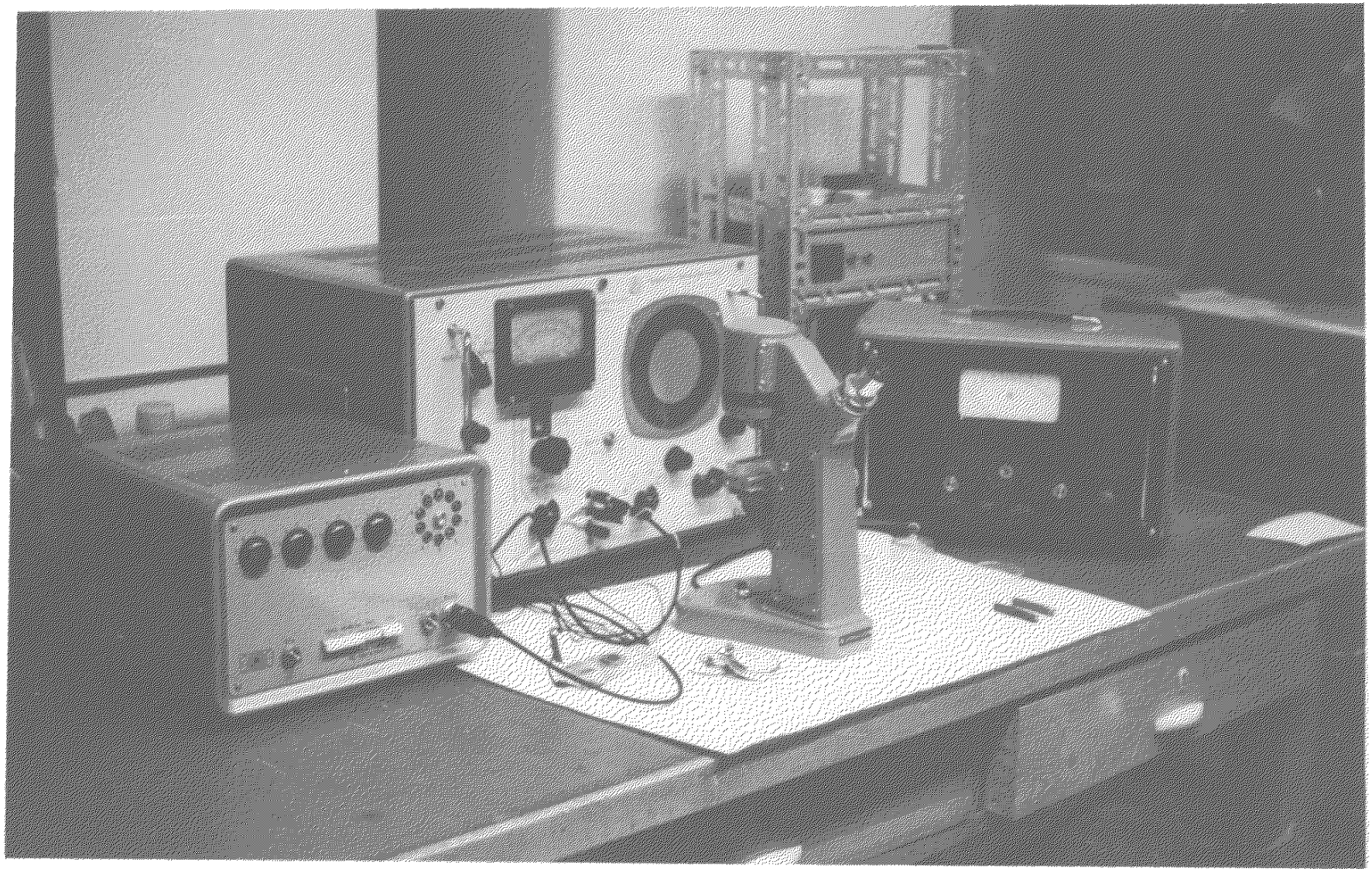


Рис.8. Схема контактного прибора.

I- генератор импульсов; II-электродинамическая головка со столиком.



Электронный генератор импульсов.

Электронный генератор импульсов, предназначенный для подачи одиночных электрических импульсов заданной длительности в диапазоне 5 мксек-5 сек, имеет2 поддиапазона:

А. плавной регулировки времени контакта

I	I - I0 мксек
II	I0 - I00 мксек
III	0,I - I сек

Б. дискретной регулировки времени контакта

I	5 - 50 мксек
II	50 - 500 мксек
III	0,5 - 5 сек

На лицевой панели блока (I) расположены:

I. измерительный прибор - ИП;

2. переключатель диапазонов - "длительность МС";

3. переключатель "Длительность дискретно";

4. переключатель "Регулировка длительности" для выбора характера (плавно-дискретно) изменения длительности импульса;

5. переменное сопротивление "длительность плавно" для плавного изменения длительности импульса;

6. кнопка "Импульс непрерывный" для подачи импульсов большой длительности;

7. переменное сопротивление "Установка нуля" для установки прибора в исходное положение;

8. выключатель сети "Сеть" и индикаторная лампа, сигнализирующая о включении прибора.

На задней стенке блока (I) расположены:

I. Гнездо контактного штепсельного разъема для коммутации блока генератора и измерителя времени контакта с электродинамической головкой;

2. клемма заземления;

3. клеммы для подключения измерительных приборов при проверке и градуировке;

4. контактный штепсельный разъем для подключения шнура сетевого питания 220 в 50 гц.

Электродинамическая головка.

Головка представляет собой магнитную систему из кольцевого магнита с верхним и нижним флянцами и керном, в зазоре которого помещена сигнальная катушка подвижной системы, механически связанная с плунжером.

Взаимодействие тока катушки с магнитным полем постоянного магнита вызывает перемещение катушки и плунжера вдоль вертикальной оси.

Под действием тока рабочего импульса катушка с плунжером выталкивается магнитной системой и занимает крайнее нижнее положение, осуществляя в течение времени длительности импульса контакт капли, находящейся на плунжере, с пылью, помещенной на "дорожке".

Во время паузы ток в катушке имеет обратное направление, и катушка втягивается магнитной системой.

Легкое и строго вертикальное перемещение катушки с плунжером, а также хорошая центровка ее в воздушном зазоре магнитной системы обеспечивается системой центрирующих шайб. Шайбы жестко связаны с катушкой и служат одновременно токопроводами.

Электродинамическая головка помещена в защитный стакан, имеющий в нижней части свинчивающуюся крышку.

Система подвижных столиков.

Система подвижных столиков, несущих "пылевую дорожку", представляющую собой металлическую пластину с прямоугольным углублением размером I50xI0xI,5 мм, позволяет перемещать последнюю в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Ручки 6 и 7 (рис. 8) перемещают "дорожку" в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях, благодаря чему каждая точка пылевого препарата, размещенного на "дорожке", может быть подведена под плунжер с каплей жидкости. При вращении ручки система перемещается в вертикальной плоскости.

Микроскоп.

Наблюдение за перемещением капли, прилипанием ее к поверхности пыли и измерение размера капли и расстояния между каплей и пылью осуществляется через микроскоп, встроенный в колонку и состоящий из ахроматического объектива и окуляра Гюйгенса, между объективом и глазной линзой окуляра помещена шкала с ценой деления 0,07 мм.

Перед объективом микроскопа расположена призма, позволяющая изменять направление его оптической оси. При вращении винта, расположенного под заглушкой в ту или иную сторону, изображение объектива перемещается в горизонтальном направлении и совмещается с вертикальной осью шкалы. При работе с микроскопом нужно добиться резкой видимости шкалы, вращая окуляр. Затем, перемещая тубус микроскопа вращением втулки, совместить плоскость изображения капли с плоскостью шкалы.

Приспособление для определения истинного времени контакта.

Капля жидкости размером I5 делений шкалы микроскопа (I,05 мм) и весом 0,3 г, подвешиваемая на плунжер сечением 5 мм, при отрыве обладает некоторой инерционностью, и действительное время контакта не совпадает со временем, определяемым по шкале прибора.

Для установления истинного времени контакта следует использовать приспособление (рис. I0), представляющее собой пластину из оргстекла с углублением, в центре которого вровень с верхней гранью вмонтированы открытые контакты, подсоединен-

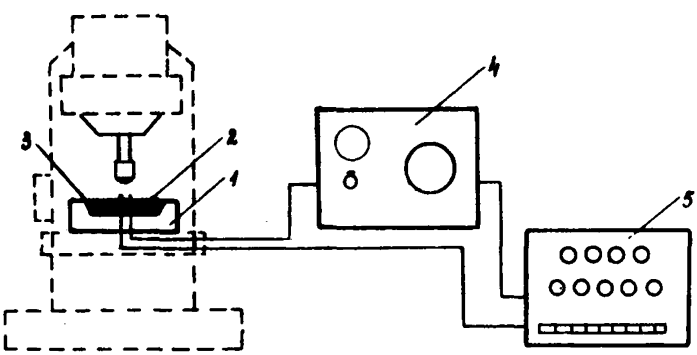


Рис.I0. Устройство для определения времени контакта капли с пылью

I - кювета; 2 - контакты; 3 - пыль; 4 - генератор звуковой частоты; 5 - пересчетный прибор.

ные через генератор импульсов (Г3-33) к пересчетному прибору ПС-100.

Углубление заполняется исследуемой пылью, и приспособление устанавливается на подвижной платформе прибора. Микровинтами, расположенными на колонке прибора, контакты центрируются под каплей и подводятся к ней на рабочее расстояние, равное 7 делениям шкалы микроскопа (0,49 мм), нажатием кнопки "импульс" плунжер опускается в крайнее нижнее положение и замыкает цепь контрольного устройства, а пересчетный прибор фиксирует количество импульсов, прошедших за время контакта капли с поверхностью пыли. Делением числа импульсов, показанных пересчетным прибором, на число импульсов в секунду получаем истинное время контакта. Частота импульсов генератора контролируется с помощью пересчетного прибора.

3.3. Подготовка контактного прибора к работе.

I) Прежде, чем включить прибор в сеть, необходимо подсоединить кабель блока электродинамической головки к блоку генератора, а прибор заземлить. После этого шнур питания подсоединить к прибору и включить в сеть 220 в 50 гц.

2) Одновременно заземляются и включаются в сеть генератор импульсов Г3-33 и пересчетный прибор.

3) Через 30 мин после включения прибора (время прогрева) следует произвести контрольную проверку времени контакта капли жидкости с поверхностью пыли, для чего:

а) подключить контрольное приспособление к схеме генератор импульсов - пересчетный прибор;

б) нанести пипеткой на плунжер каплю водопроводной воды, заданных размеров;

в) переключатели диапазонов измерения поставить в требуемое положение в зависимости от задаваемого времени контакта;

г) подвести столик, с расположенным на нем контрольным устройством, к плунжеру на расстояние, предусмотренное дальнейшим проведением экспериментов, и нажать кнопку "импульс" на основании электродинамической головки;

д) снять показания пересчетного прибора и разделить их на число импульсов в сек;

е) продолжительность контакта следует контролировать в начале и конце серии опытов, проводимых при одной и той же длительности контакта.

3.4. Порядок работы на контактном приборе.

I) Перед началом работы тщательно промыть дистиллированной водой и спиртом, а затем просушить: плунжер электродинамической головки, пипетки для нанесения и смыва капель, а также чашки Петри для сбора прилипшей к капле пыли. Чашки Петри высушиваются и взвешиваются.

2) Исследуемую пыль равномерно распределить в углублении на "дорожке" кюветы и поместить последнюю на предметный столик микроскопа.

3) Нанести на плунжер пипеткой каплю исследуемой жидкости (без воздушных пузырьков) размером I5 делений шкалы микроскопа (I,05 мм), после чего включить секундомер или песочные часы.

4) Подвести пылевую "дорожку" под каплю (каждый раз свежую

поверхность) на расстояние 7 делений шкалы микроскопа (0,49 мм).

5) По истечении I мин с момента включения секундомера нажать кнопку "Импульс " на основании блока электродинамической головки.

6) Каплю с пылью, налипшей на ее поверхность, смыть в заранее приготовленную взвешенную на аналитических весах чашку Петри так, чтобы на плунжере не осталось ни твердых частиц, ни капель исследуемого раствора, после чего плунжер просушить.

7) Жидкость применяемая для промывки плунжера, чашек Петри и пипеток должна быть химически нейтральной к исследуемому веществу, легко испаряться и иметь поверхностное натяжение не выше поверхностного натяжения исследуемого раствора.

Всем этим требованиям при работе с углеводородными соединениями отвечает химически чистый этиловый спирт.

8) Необходимое число капель в опыте для получения достоверной навески определяется в зависимости от концентрации исследуемого раствора, времени контакта и регламентируется точностью аналитических весов (при работе с весами ВЛА-200 навеска должна быть не менее 2 мг).

9) После набора необходимого числа капель чашка с пылью помещается на 2 часа в сушильный шкаф (t° = 100-105°С), а затем на 20 мин в эксикатор с безводным хлористым кальцием.

10) По истечении 20 мин чашка с пылью взвешивается на аналитических весах. Результаты взвешиваний фиксируются в журнале наблюдений (приложение У).

11) Вес пыли (α), прилипшей к одной капле, определяется делением величины навески (β) отобранной пробы, на

число капель в опыте (n) с учетом веса ПАВ ($m_{пав}$), содержащегося в n каплях раствора исследуемой концентрации:

$$\alpha = \frac{в - m_{пав}}{n} . \qquad (10)$$

12) Для определения веса ПАВ в капле раствора ($m_{пав}$, мг) взвешиванием 5-10 капель устанавливается их вес (M, мг), а затем в зависимости от концентрации раствора подсчитывается вес ПАВ

$$m_{пав} = \frac{M}{n} \frac{C}{100}, \text{ мг}, \qquad (11)$$

где C - концентрация раствора, в %.

3.7. Пример определения адгезионной способности ПАВ в динамических условиях

В качестве примера определим адгезионную способность растворов ДБ с концентрацией 0,1; 0,2; и 1% при времени контакта с угольной пылью 0,005; 0,05, 0,1, 0,3, 0,5 и 1,0 сек.

В соответствии с изложенной методикой (3.1.) готовится пыль размером 63-100 мк из угля марки "Г".

Подготовка прибора к работе и порядок ее проведения производятся как указано в параграфах 3.3 и 3.4.

Последовательность определений прилипания пыли к растворам различной концентрации ведется от воды и малых концентраций к большим. Измеряется температура воздуха и раствора, устанавливается время контакта, определяется вес чистой чашки. Эти данные заносятся в графы 1, 2, 6 журнала наблюдений (приложение У).

В графу 2 записывается характеристика раствора (вид ПАВ и концентрация), а также размер капли.

На плунжер насаживается капля дистиллированной воды, размером I5 делений по шкале микроскопа от плунжера до нижней границы капли, и осуществляется контакт с пылью. После этого капля с пылью смывается в чашку Петри. Для получения средних значений и проверки стабильности результатов опыт повторяется 2-3 раза (по 20 капель). Содержимое чашки Петри высушивается в течение 2-х часов при t = I00-I05°, затем помещается в эксикатор на 20 минут и взвешивается. Вес чашки с пылью записывается в графу 5.

По разности весов чашки с пылью и без пыли определяется количество пыли, прилипшей к 20 каплям, графа 7. Полученное значение веса пыли делится на число капель, равное 20, и результат помещается в графу 9.

Аналогичные определения производятся для всего диапазона времени контактов.

После воды таким же образом определяется количество пыли, прилипшей к растворам ДБ с концентрацией 0,05, 0,I, 0,2 и I,0%.

Количество ДБ в навесках пыли определяем по формуле (II).

а) Для концентрации раствора 0,05% ДБ $m_{пав} = \frac{0,03 \times 20}{I00} \times$

x 0,05 x I000 = 0,3 мг.

Результат вычитаем из данных графы 7 для этого раствора и

Дата и t°C	Раствор и размер капли	Время контакта, сек.	Кол-во капель	Вес чашки с пылью, г	Вес чашки без пыли, г	Навеска, г	Вес пыли без ПАВ, г	Кол-во пыли на I каплю, мг
I	2	3	4	5	6	7	8	9
20/УП I969 22°	Вода I5 дел.	0,005	20	8,065I	8,0485	0,0I66	-	0,83
		- " -	"	II,00I0	I0,9840	0,0I70	-	0,85
		0,I		8,0665	8,0485	0,0I80	-	0,90
		-"-		II,00I6	I0,9840	0,0I76	-	0,88
		I,0		8,0665	8,0485	0,0I80	-	0,90
		-"-		II,0022	I0,9840	0,0I82	-	0,9I
	0,05% ДБ I5 дел.	0,005		8,0657	8,0485	0,0I72	0,0I69	0,845
		-"-		II,0009	I0,9840	0,0I69	0,0I66	0,830
	0,I% ДБ I5 дел.	0,005		8,0667	8,0485	0,0I82	0,0I76	0,88
		-"-		II,00I4	I0,9840	0,0I74	0,0I68	0,84
		0,I		8,0665	8,0485	0,0I80	0,0I74	0,87
		"		II,0048	I0,9860	0,0I88	0,0I82	0,9I
		I,0		8,0747	8,0485	0,0262	0,0256	I,28
		"		II,0I26	I0,9860	0,0266	0,0260	I,30

записываем в графу 8.

б) Для концентрации 0,1% ДБ

$$m_{ПАВ} = \frac{0,03 \times 20}{100} \times 0,1 \times 1000 = 0,6 \text{ мг} \quad \text{и т.д.}$$

Данные графы 8 делим на число капель (20) и записываем в графу 9.

Результаты выполненных определений прилипания пыли к растворам представлены на графике рис. П. Из графика следует, что при минимальном времени контакта пылесмачивающая способность растворов с концентрацией ДБ в пределах 0,1-0,5% незначительно отличается от воды. При продолжительности контакта более 0,1 сек пылесмачивающее действие растворов возрастает как во времени, так и с концентрацией. Все это важно при выборе смачивателя для борьбы с пылью.

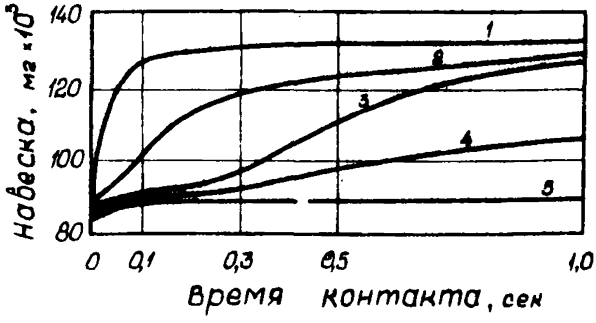


Рис.II. Зависимость пылеулавливающей способности растворов ДБ от времени контакта пыли с каплей.
I - 1,0%; 2 - 0,2%; 3 - 0,1%; 4 - 0,05%; 5 - вода

4. ОЦЕНКА СМАЧИВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОРОШЕНИЯ

4.I. Требования к смачивателям

Смачиватель должен обладать следующими характеристиками (свойствами):

I. Не быть токсичным и не иметь неприятного запаха.

2. Хорошо совмещаться с шахтными водами и, в ряде случаев, с добавками солей $NaCl$ и $CaCl_2$, с концентрациями до 5–8%, легко растворяться в воде и растворах соли, давать устойчивый нерасслаивающийся раствор.

3. В растворах шахтных вод не вызывать дополнительной коррозии металлических труб и разрушающего инструмента, не разрушать резиновые шланги и не быть горючим.

4. Быть эффективным в диапазоне температур -10^{0} ÷ $+40^{0}$С.

5. Обладать временем формирования адсорбционного слоя на границе с воздухом и твердым телом не более 0,I–0,2 сек. или, по крайней мере, к этому времени раствор должен иметь динамическое поверхностное натяжение не выше 40–43 эрг/см^2.

6. Обладать высокой адгезионной способностью при коротковременном контакте в отношении пылей различного вещественного состава. Обеспечивать смачиваемость пыли в динамических условиях (время контакта 0,2 сек.) не хуже, чем 0,I% раствор ДБ в статических условиях, а эффективность пылесмачивания раствором ПАВ должна быть не менее I40% по сравнению с чистой водой.

7. Стоимость смачивателя определяется показателем, являющимся произведением рабочей концентрации смачивателя (С%) на стоимость тонны I00% продукта (α руб), который не должен превышать $\alpha \cdot C = 60$. (I2)

4.2. Порядок оценки смачивателей.

Оценка смачивателей по пунктам I, 2, 3, 4, 7 не требует специального рассмотрения, т.к. эта оценка либо проста, либо не является оригинальной. Оценка по пунктам 5 и 6 производится по вышеприведенным методикам.

При оценке смачивателей необходимо сделать следующее:

I. Определить концентрацию и поверхностное натяжение растворов, соответствующие адсорбционному равновесию.

2. Составить растворы в диапазоне от концентрации, соответствующей адсобционному равновесию до десятикратного значения ее.

3. Определить для каждого раствора σ динам. в интервале 0,I-I,0 сек.

4. Определить количество пыли, прилипшей к капле приготовленных растворов на контактном приборе в диапазоне времени 0-I сек.

5. Построить по полученным данным § 2,3 зависимости количества прилипшей пыли от поверхностного натяжения раствора для всего диапазона концентраций и для принятых времен образования капли, (рис. I2).

6. Определить рабочую зону концентраций растворов и времени их эффективного действия, путем проведения на уровне I40% эффективности линии параллельной оси абсцисс, при этом область, лежащая выше этой линии, будет являться областью эффективной работы смачивателя.

7. Определить рабочую концентрацию смачивателя. Смачиватель будет эффективен при орошении, если концентрация его лежит в области рабочей зоны, находящейся правее зависимости прилипа-

ния пыли от поверхностного натяжения при времени образования новой поверхности 0,2 сек.

В качестве примера на рис. I2 приведены зависимости количестве прилипшей пыли от поверхностного натяжения для растворов различных концентраций смачивателя ДБ и при различном времени существования новой поверхности.

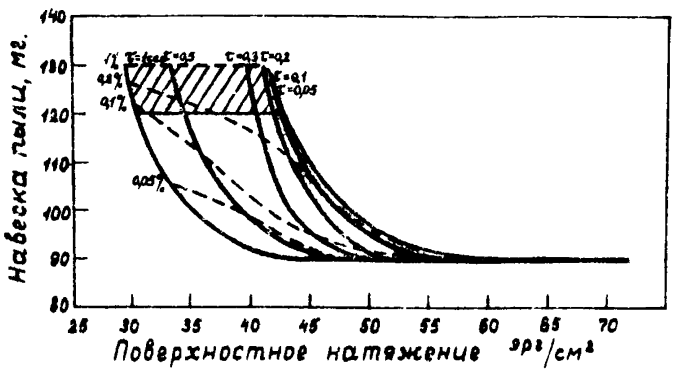


Рис. I2. Зависимость пылеулавливающей способности растворов ДБ от их поверхностного натяжения.

Точки получены из графиков изменения во времени $\sigma_{дин}$ растворов различной концентрации, рис. 5, и зависимости для тех же растворов количества прилипшей к капле пыли от времени контакта рис. II. Кривые проведены через точки, соответствующие одним и тем же временам (сплошные линии), и через точки равных концентраций (пунктирные линии). Рабочая зона заштрихована.

Такие графики являются концентрационно-временной характеристикой смачивателя, с помощью которой можно решать задачи, связанные с практическим использованием ПАВ в горном деле.

8. Окончательный выбор смачивателя производится по показателю стоимости, пункт 7 требований, и затем по токсичности и совместимости его с шахтными водами и рассолами.

9. Составляется паспорт смачивателя (приложение УI).

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. П.Н. ТОРСКИЙ, А.И. РАБИЧЕВ, К.Н. ЧЕБОТАРЕВ. Обеспыливание угольных шахт. Углетехиздат, М., 1956.

2. П.А. РЕБИНДЕР, Н.Н. СЕРБ-СЕРБИНА, С.А. ЮРДЖИОВА. Повышение пылеулавливающей способности воды посредством добавок смачивателей. Сб."Борьба с силикозом" т.I. М., изд-во АН СССР, 1953.

3. П.А. РЕБИНДЕР. Физико-химия флотационных процессов, НТИ, М.-Л., 1933.

4. С.А. НИКИТИНА, А.Б. ТАУБМАН, С.Х. ЗАКИЕВА. Физико-химические основы пылеулавливающего действия смачивателя. Сб. "Борьба с силикозом", т.Ш. М., изд-во АН СССР, 1957.

5. А.Б. ТАУБМАН, С.А. НИКИТИНА. Физико-химическое исследование смачивателей, применяющихся при пылеулавливании. Сб. "Борьба с силикозом", т.П. М., изд-во АН СССР, 1955.

6. Б. ИШТВАН. Исследование эффективности смачивателей для подавления высокодисперсной кварцсодержащей пыли. Автореферат диссертация, типография МГИ, М., 1969.

7. Л.Д. ВОРОНИНА, В.В. КУДРЯШОВ, М.К. ШУРИНОВА. Оценка

растворов смачивателей при пылеулавливании в динамических условиях. Сб. "Управление газовыделением и пылеподавлением в шахтах". М., изд-во Наука, 1972.

Приложение I.

Жидкость Концентрация

Дата

Число капель n	Время истечения жидкости T	Ср.время образования капли τ, сек	t^0C воздуха	t^0C воды	Постоянная A	$\sigma_{дин}$
I	2	3	4	5	6	7

Приложение II.

Жидкость - чистая вода Дата

Число капель n	Время истечения T, сек	Ср.время образования капли τ, сек	t^0C воздуха	t^0C воды	σ_0 воды	Постоянная A
I	2	3	4	5	6	7

Приложение III

Поверхностное натяжение воды на границе с воздухом

t°C	σ	t°C	σ	t°C	σ
-8	76,96	I5	73,49	28	7I,50
-5	76,42	I6	73,34	29	7I,35
0	75,64	I7	73,I9	30	78,I8
+5	74,92	I8	73,05	35	70,38
6	74,78	I9	72,90	40	69,56
7	74,64	20	72,75	45	68,74
8	74,50	2I	72,59	50	67,9I
9	74,36	22	72,44	60	66,I8
I0	74,22	23	72,28	70	64,42
II	74,07	24	72,I3	80	62,6I
I2	73,93	25	7I,97	90	60,75
I3	73,78	26	7I,82	I00	58,85
I4	73,64	27	7I,66	II0	56,89

Приложение IУ

Время образования капли, τ сек	Постоянная сталагмометра A	Время образования капли, сек τ	Постоянная сталагмометра A	Время образования капли, сек τ	Постоянная сталагмометра, A
I	2	3	4	5	6
0,I00	7I000	0,245	3I,I00	0,400	23,200
0,I05	68500	0,250	30,700	0,480	23,I00
0,II0	66000	0,255	30,400	0,490	23,000
0,II5	63500	0,260	30,000	0,500	22,900
0,I20	6I000	0,256	29,700	0,5I0	22,800
0,I25	59000	0,270	29,400	0,520	22,700
0,I30	57000	0,275	29,I000	0,530	22,600
0,I35	55000	0,280	28,800	0,540	22,500
0,I40	53000	0,285	28,550	0,550	22,400
0,I45	5I000	0,290	28,300	0,560	22,300
0,I50	49000	0,295	28,I00	0,570	22,250
0,I55	47400	0,300	27,900	0,580	22,200
0,I60	45800	0,3I0	27,400	0,590	22,I50
0,I65	44400	0,320	26,900	0,600	22,I00
0,I70	432.0	0,330	26,500	0,650	2I,850
0,I75	42000	0,340	26,200	0,700	2I,650
0,I80	4I000	0,350	25,900	0,750	2I,500
0,I85	40000	0,360	25,600	0,800	2I,375

I	2	3	4	5	6
0,I90	39000	0,370	25,300	0,900	2I,350
0,I95	38000	0,380	25,000	I,000	2I,325
0,200	37000	0,390	24,750	2,000	2I,I50
0,205	36700	0,400	24,500		
0,2I0	35,300	0,4I0	23,800		
0,2I5	34,500	0,420	23,600		
0,220	33,800	0,430	23,900		
0,225	33,200	0,440	23,700		
0,230	32,600	0,450	23,500		
0,235	32,000	0,460	23,350		
0,240	3I,500				

Приложение У.

Дата; t°0	Время контакта	Кол-во капель	Раствор и размер капли	Вес чашки с пылью, г	Вес чистой чашки, г	Навеска, г	Вес пыли без ПАВ, г	Кол-во пыли на I каплю, мг

Приложение УI

Паспорт смачивателя

I. Наименование смачивателя и его структурная формула.

2. Токсичность.

3. Запах.

4. Совместимость с шахтной водой (жесткость ° , pH).

5. Совместимость с рассолами.

6. Статическое поверхностное натяжение и концентрация, соответствующие адсорбционному равновесию.

7. Концентрационно-временная характеристика смачивателя для пыли антрацитовых, жирных и длиннопламенных углей (график, пункт 5, §4.2.).

8. Показатель стоимости (пункт 7 § 4.I.).

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Введение 3

I. О механизме улавливания пыли при орошении водными растворами ПАВ 5

2. Определение динамического поверхностного натяжения растворов поверхностноактивных веществ.

2.I. Метод измерения поверхностного натяжения жидкости с помощью сталагмометра 9

2.2. Устройство для регулирования времени истечения жидкости из сталагмометра II

2.3. Автоматический счетчик капель I4

2.4. Монтаж прибора I6

2.5. Подготовка прибора к работе I6

2.6. Порядок работы с прибором I7

2.7. Методика определения динамического поверхностного натяжения I8

2.8. Пример определения динамического поверхностного натяжения растворов смачивателей 22

3. Определение адгезионной способности растворов ПАВ в динамических условиях.

3.I. Пылеприготовление 27

3.2. Устройство контактного прибора 3I

3.3. Подготовка контактного прибора к работе 37

3.4. Порядок работы на контактном приборе 38

3.5. Пример определения адгезионной способности ПАВ в динамических условиях 40

4. Оценка смачивателей для целей орошения.

4.I. Требования к смачивателям 44
4.2. Порядок оценки смачивателей 45
Литература 47
Приложение 49

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПЫЛЕСМАЧИВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ РАСТВОРОВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ (ПРИ ОРОШЕНИИ).

Редактор Р.В. Кудряшов

Т-12623
от 15.8.73
Заказ 172
Тираж 300
Объем – 3,4 печ.
Цена 25 коп.

Ротапринт СФТИ ИФЗ АН СССР им. О.Ю. Шмидта.
Средне-Кисловский пер., д. 5/6

gost.e-ecolog.ru