

ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ, ТРАНСПОРТИРУЕМЫХ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ

Л. Ю. Виснапуу, А. Е. Гушин, М. Э. Лепик

Известно, что многие производственные процессы сопровождаются проявлениями статического электричества. Электростатические заряды могут возникать при соприкосновении, трении, дроблении материалов, в особенности тех, которые обладают высокими изоляционными качествами. В ряде отраслей промышленности статическое электричество приводит к нарушению технологического процесса, запылению материалов, появлению брака, обуславливает неблагоприятные условия труда [1, 2].

При многих технологических процессах электрические заряды вследствие взаимного притяжения или отталкивания заряженных частиц затрудняют работу, препятствуя увеличению производительности установок. Снижается качество выпускаемой продукции.

Так, например, в бумажной промышленности, при выработке длиноволокнистых бумаг по сухому способу волокна электризуются в процессе чесания и транспортировки воздушным потоком. Наэлектризованные волокна слипаются друг с другом, прилипают к стенкам канала воздуха бумагоделательной машины, что приводит к хлопьеобразованию. В результате создается неравномерный по плотности волокнистый слой. Бумага получается неравномерная по толщине с плохими физико-механическими показателями [3].

Чтобы успешно бороться с возникающими электростатическими зарядами, применяя те или другие нейтрализаторы [4], или вообще судить о степени электризации материалов, необходимо знать, с какой скоростью образуются эти заряды, какова их плотность (поверхностная или объемная).

Для электрических измерений могут применяться различные приборы (разрядники, лампы тлеющего разряда, электроскопы, электрометры, электростатические вольтметры), при помощи которых обычно определяют разности потенциалов заряженных

предметов. Имеются и специальные электронно-измерительные приборы, позволяющие измерять электростатические заряды, поверхностную плотность зарядов на определенной поверхности [5, 6]. Однако для измерения объемных зарядов, т. е. зарядов, распределенных в объеме, эти приборы не всегда применимы.

Ниже описываются два способа оценки плотности объемных электростатических зарядов, образующихся при чесании волокнистых материалов с последующим движением в потоке воздуха. Приводятся также результаты измерений зарядов, проведенных авторами при производстве длинноволокнистых бумаг.

Первый способ измерения основан на накапливании заряженных частиц на коллекторе, а второй — на разрядении заряженными частицами специального измерительного конденсатора. Принципиальная схема соответствующих измерительных устройств приведена на рис. 1.

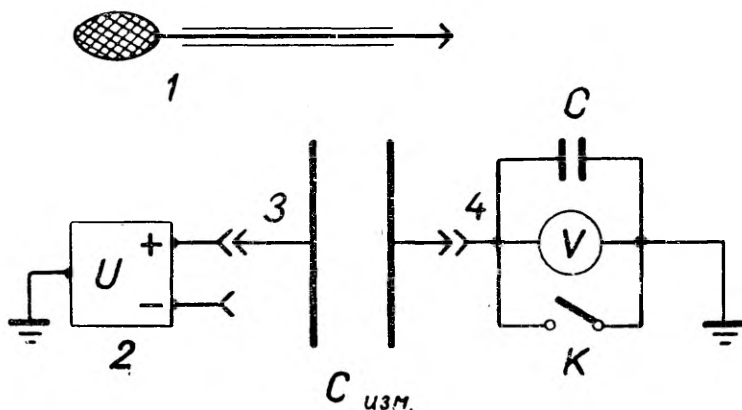


Рис. 1. Принципиальная схема измерительных устройств для определения удельных электростатических зарядов: 1 — коллектор; 2 — источник постоянного напряжения; 3, 4 — зажимы; $C_{изм.}$ — измерительный конденсатор; C — конденсатор; V — статический вольтметр; K — контакт.

При первом способе коллектор 1 в виде круга из металлической сетки, снабженного рукояткой из изоляционного материала, электрически соединяется с зажимом 4 регистрирующей части. Последняя состоит из параллельно включенных конденсатора C, статического вольтметра V и контакта K. Другой зажим регистрирующей части заземлен.

Для измерений зарядов коллектор 1 вводится в канал воздуха и устанавливается своей плоскостью перпендикулярно к потоку движущихся волокон. Если разомкнуть контакт K, то накапливание заряженных частиц на коллекторе обуславливает воз-

растание напряжения конденсатора С, что регистрируется статическим вольтметром V. Определив массу волокна, осевшего за единицу времени на коллекторе, можно вычислить удельный заряд наэлектризовавшегося материала. Если электрическая емкость осевшего на коллекторе волокна относительно земли пренебрежительно мала по сравнению с его емкостью относительно коллектора и с емкостью коллектора, подключенного к регистрирующей части устройства с разомкнутым контактом, то независимо от того, в какой мере заряды с волокон переходят на коллектор, удельный заряд волокна

$$q \text{ (мкк/г)} = \frac{C_k \text{ (мкф)} \cdot \Delta U \text{ (в)}}{\Phi_k \text{ (г/сек)} \cdot \Delta t \text{ (сек)}}, \quad (1)$$

где C_k — емкость коллектора, подключенного к регистрирующей части, при разомкнутом контакте; ΔU — изменение показания статического вольтметра измерительного устройства за время Δt ; Φ_k — масса волокна, осевшего на коллектор за единицу времени.

Переход зарядов с волокон на коллектор зависит от электропроводности волокнистого материала. Чтобы выполнить вышеуказанное условие, нужно при измерениях коллектор установить подальше от заземленных предметов, а конденсатор измерительного устройства выбрать достаточно большой емкости.

Удельный заряд, определенный по формуле (1), выражает абсолютное значение разности положительного и отрицательного полярных удельных зарядов, т. е.

$$q = |q_+ - q_-| \quad (2)$$

и имеет знак преобладающего по количеству заряда.

При втором способе измерения в канал воздуха вводятся две плоско-параллельные металлические пластины, которые ориентируются параллельно потоку частиц. Одна из пластин (измерительная) соединяется с зажимом 4, а вторая — с клеммой 3 источника напряжения 2 (рис. 1). Эти плоско-параллельные пластины образуют измерительный конденсатор $C_{из}$. Перед измерением контакт К замкнут, одна пластина измерительного конденсатора заземлена, а вторая находится под напряжением. Таким образом, между пластинами измерительного конденсатора имеется электростатическое поле определенной напряженности. Устройство позволяет получить сведения о полярных удельных зарядах взвешенных частиц.

При введенном в поток воздуха измерительном конденсаторе заряженные частицы под действием электрического поля в зависимости от знака заряда направляются к той или иной пластине. Достигнув пластины, частицы отдают свои заряды. Заряд, сообщаемый пластине, соединенной с измерительной частью устройства, при разомкнутом контакте К приводит к изменению

потенциала узла 4. Это изменение потенциала отмечается статическим вольтметром V. А заряд, сообщаемый другой пластине, соединенной с источником напряжения, компенсируется последним и изменения потенциала не вызывает.

Если, например, требуется определить положительный удельный заряд волокна, то на зажим 3 от источника 2 подается положительное напряжение (как показано на рис. 1), а при измерении отрицательного заряда — отрицательное напряжение.

Значения полярных удельных зарядов можно вычислить по аналогичной (1) формуле

$$q_{\pm} \text{ (мкк/г)} = \frac{C_u \text{ (мкф)} \cdot (\Delta U/\Delta t)_{\pm} \text{ (в/сек)}}{\alpha \cdot \Phi_n \text{ (г/сек)}}, \quad (3)$$

где C_u — сумма емкости входа регистрирующей части устройства при разомкнутом контакте и емкости измерительного конденсатора; α — коэффициент, учитывающий степень перехода зарядов с волокон на измерительную пластину ($\alpha \lesssim 1$); Φ_n — масса волокна, проходящего между пластинами измерительного конденсатора за единицу времени.

При измерениях следует иметь в виду, что наиболее достоверные результаты получаются тогда, когда по возможности весь наэлектризовавшийся материал, проходящий через измерительный конденсатор, передает свой заряд измерительной пластине. Для этого напряжение, подаваемое на измерительный конденсатор, длина пластин и расстояние между ними должны быть выбраны такие, чтобы все входящие в измерительный конденсатор частицы с зарядом определенного знака при своем отклонении в электрическом поле успели достигнуть измерительной пластины, т. е. чтобы имел место режим насыщения. Последний характеризуется независимостью скорости изменения напряжения $\Delta U/\Delta t$ от дальнейшего повышения напряжения, подаваемого на измерительный конденсатор (при прочих равных условиях). Однако указанное напряжение не должно быть столь высокое, что на пластинах возникнет коронный разряд, который может исказить результаты измерений. Важно было бы также учесть, в какой мере материал, особенно диэлектрический, при соприкосновении с пластиной передает ей свой заряд. Этот момент учитывается в формуле (3) коэффициентом α , значение которого может быть определено, требуя выполнения условия, выраженного формулой (2), где q найдено по формуле (1). Тогда формула (3) примет вид

$$q_{\pm} = \frac{(\Delta U/\Delta t)_{\pm} \cdot q}{|(\Delta U/\Delta t)_{+} - (\Delta U/\Delta t)_{-}|} \quad (4)$$

Полученная формула удобна тем, что при ее использовании вовсе не требуется знать значений C_u и Φ_n . Однако она приме-

нима лишь при известном значении ρ , отличном от нуля и соответствующем тем же условиям образования потока частиц, что при измерении $\Delta U/\Delta t$. Место измерения должно быть по возможности также одно и то же.

Описанный способ измерения полярных удельных зарядов, конечно, не претендует на особую точность измерений, но вполне позволяет оценить порядок величин положительных и отрицательных электростатических зарядов частиц, движущихся в воздушном потоке.

Наконец, приведем данные по некоторым измерениям. Измерения зарядов взвешенных в воздушном потоке волокнистых материалов проводились посредством измерительного устройства с коллектором (круг диаметром 0,1 м) на бумагоделательной машине ЛДБ (г Ленинград, ВНИИБ) и машине П5-01 (г. Красное Село, Красногородский экспериментальный бумажный комбинат) Коллектор вводился в канал воздуха в нижнюю его часть. Измерения при помощи измерительного конденсатора проводились только на второй машине. Параметры измерительного конденсатора были следующие: размеры пластин $0,2 \times 1,0$ м²; расстояние между пластинами 0,2 м; напряжение, поданное на измерительный конденсатор, — ± 10 кв. При обоих способах измерения применялся статический вольтметр типа С 95. Время измерения секундомером СМ 60.

Знак преобладающего заряда при коллекторном способе измерения определялся путем сообщения коллектору первоначального заряда известного знака в начале измерения и последующего определения направления изменения потенциала в процессе самого измерения. Так, например, если коллектору перед его введением в поток частиц при разомкнутом контакте сообщен отрицательный заряд, при котором вольтметр имеет отличное от нуля показание, и после ввода коллектора в канал воздуха показание прибора начинает увеличиваться, то имеем дело с преобладающим отрицательным зарядом. При уменьшении же показания прибора преобладающий заряд положительный. Для определения значения Φ_k (скорости накопления волокон на коллектор) материал, осевший за известный промежуток времени на коллектор, взвешивался (на аналитических весах)

В табл. 1 представлены результаты измерений коллекторным способом на машине ЛДБ.

Как видно, капрон наэлектризован значительно больше, чем хлопок, причем знаки преобладающих зарядов различны. В рабочем процессе машины проявления статических зарядов (слипание отдельных волокон, оседание их на стенки канала) при капроне на самом деле выражены сильнее, чем при хлопке.

При работе с хлопком на машине П5-01 средний результат $\rho = 1,0$ мкк/г (измерено посредством коллектора; $\Phi_k = 0,1$ г/сек) превышает соответствующее значение, приведенное в табл. 1.

Расчесываемый материал	Хлопок длинно-волокнистый	Капрон
Влажность материала	5÷6%	1÷2%
C_k	0,0003 мкф	0,001 мкф
$\Delta U/\Delta t$	10 в/сек	80 в/сек
Φ_k	0,015 г/сек	0,06 г/сек
ρ [по формуле (1)]	0,2 мкк/г	1,3 мкк/г
Знак заряда	—	+

Степень электризации материала, как известно [7], зависит от условий технологического процесса, а также от состояния (влажность, примеси) самого материала. Замечено, что при уменьшении скорости подачи волокна его удельный заряд растет.

При измерении полярных удельных зарядов с помощью измерительного конденсатора были определены скорости изменения потенциала измерительной пластины:

$$(\Delta U/\Delta t)_- = 23,0 \text{ в/сек} \text{ и } (\Delta U/\Delta t)_+ = 7,5 \text{ в/сек.}$$

Учитывая, что $\rho = 1,0$ мкк/г, по формуле (4) можно вычислить $\rho_- = 1,5$ мкк/г и $\rho_+ = 0,5$ мкк/г. Зная скорость подачи материала V , легко определить скорость образования зарядов

$$I_{\pm} \text{ (мкк/сек)} = \rho_{\pm} \text{ (мкк/г)} V \text{ (г/сек)} \quad (5)$$

В заключение отметим, что приведенные количественные данные весьма приближенные, так как они являются результатами кратковременных измерений. Электризуемость материалов зависит от многих переменных факторов и может изменяться в довольно широких пределах. Однако вышеизложенные способы измерения электростатических зарядов позволяют судить о порядке интересующих нас величин, чтобы мероприятия по борьбе с вредными проявлениями статического электричества можно было проводить на определенной количественной основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздов Н. Г., Статическое электричество в промышленности. М.-Л., 1949.
2. Староба И., Шиморда И., Статическое электричество в промышленности. М.—Л., 1960.
3. Разработка технологии получения новых видов бумаги сухим способом. Отчет ВНИИБ по теме № 19. Л., 1957.
4. Егоров В. И., Удаление электростатических зарядов путем ионизации воздуха. «Электричество», 1956, № 12.

5. Полоник П. А., Хохлов В. Д., Приборы для измерения и нейтрализации зарядов статического электричества. «Легкая промышленность», 1958, № 12.

6. Орлов В. И. и др., Прибор для измерения электростатических зарядов. «Приборостроение», 1966, № 3.

7. Лебель и др., Статическое электричество при переработке химических волокон. «Легкая индустрия», М., 1966.

Поступила 26/V 1967 г.

ÕHUVOOLUGA TRANSPORDITAVATE KIUDMATERJALIDE ELEKTROSTAATILISTE LAENGUTE MÕÕTMISEST

L. Visnapuu, A. Guštšin, M. Lepik

Resümee

Artiklis on esitatud kaks meetodit staatiliste ruumlaengute mõõtmiseks, mis tekivad näiteks pikakiulise paberi valmistamisel. Kiudmaterjali elektriseerumine toimub hõõrdumise tagajärjel kraasimisel ja kraasitud materjali transportimisel õhuvoolus. Laadunud osakesed liituvad, mille tagajärjel paber tuleb ebaühtlase paksusega.

Staatilise laenguneutralisaatori elektriliste parameetrite määramiseks on vaja teada neutraliseeritava laengu tekkimise kiirust.

Esimese meetodi puhul mõõdetakse kollektor-elektroodile koguneva kiudaine hulk ja selle poolt laaditava kondensaatori potentsiaali muutumise kiirus ja arvutatakse erilaengute algebraline summa.

Teine meetod põhineb tasaparalleelse mõõtekondensaatori kasutamisel. Mõõtekondensaatori moodsed ja toitepinge sobiva valikuga saab tagada, et kõik mõõtekondensaatorisse sisenevad laetud osakesed annavad oma laengu kondensaatori isoleeritud plaadile. Mõõdetakse viimase potentsiaali muutumise kiirus, määratakse kondensaatorit läbinud kiudaine hulk ja arvutatakse polaarne erilaeng.

Antud meetoditel mõõdeti pikakiulise paberi kuivmeetodil valmistamise käigus tekkivaid staatilisi laenguid kiudmaterjalidel.

ON MEASURING ELECTROSTATIC CHARGES OF FIBRES TRANSPORTED BY THE AIR CURRENT

L. Visnapuu, A. Gushchin, M. Lepik

Summary

The article deals with two methods of measuring static space charges arising, e. g., in the manufacture of long-fibred paper. The electrification of fibres proceeds as a result of friction in carding

and in the transport of the carded material in the air current. Charged particles unite and produce paper of uneven thickness.

To determine the electrical parameters of the neutralizer of static charges, it is necessary to know the rate of the rise of the charge to be neutralized.

In the case of the first method, the amount of fibrous matter which gathers on the collector electrode as well as the rate of the change in the potential of the condenser to be charged by the collector electrode are measured, and the algebraic sum of individual charges is calculated.

The second method is based on the application of a parallel plate measuring condenser. By the proper choice of the dimensions of the condenser and the supply voltage it is possible to ensure that all the charged particles entering the condenser impart their charge to the insulated plate of the condenser. The rate of the change in the potential of the plate is measured, the amount of fibres that have passed through the condenser is determined, and the individual polar charge is calculated.

The methods discussed were employed to measure static charges that arise on the fibrous matter when long-fibred paper is manufactured by the dry method.