

Установка БРНШ, показанная на рис. 1, работает следующим образом. В бак выпарного аппарата (ВА) примерно на 2/3 его объема заливается нефтешлам. В нижней части выпарного аппарата находятся трубы нагревателя, обогреваемые водой, нагреваемой в водогрейном котле (ВК) и подаваемой насосом Н1. В проектном режиме греющая вода охлаждается в выпарном аппарате от 95 °С до 90 °С. От наружной поверхности труб нагревателя теплота передается нефтешламу путем свободной конвекции. [1]

Сначала происходит нагрев нефтешлама от температуры загрузки ~20 °С до температуры 70÷80 °С, при которой начинается процесс выпаривания влаги из нефтешлама. Выпаривание происходит под вакуумом, создаваемом в баке выпарного аппарата вакуумным насосом (ВН). Так, при температуре испарения воды 75 °С абсолютное давление внутри корпуса аппарата должно составлять 0,039 МПа (вакуум при этом равен примерно 65 %). Нагретый нефтешлам забирается из нижней части выпарного аппарата, и циркуляционным насосом (ЦН) подается на полки испарителя, расположенные в верхней части аппарата, служащие для увеличения массообменной поверхности нефтешлама. При частичном испарении воды на полках испарителя нефтешлам охлаждается на несколько градусов, и стекает обратно в нижнюю часть аппарата.

Водяной пар, получаемый в аппарате, откачивается вакуумным насосом, в котором он смешивается с охлаждающей водой и конденсируется. Из вакуумного насоса выходит нагретая вода и неконденсирующиеся газы, которые поступают в сепаратор (С), соединенный с атмосферой. В сепараторе газы удаляются в атмосферу, а нагретая вода поступает на калорифер (К), где охлаждается атмосферным воздухом, и насосом Н2 подается на вакуумный насос. Полученный конденсат периодически выводится из системы. Когда процесс выпаривания влаги из нефтешлама заканчивается, готовый нефтепродукт выливают из бака, и заливают в бак новую порцию нефтешлама. Таким образом, процесс выпаривания в установке БРНШ является периодическим.

Объектом исследования являлась установка БРНШ-3, в которой при объеме загружаемого нефтешлама 3 м<sup>3</sup> с исходным содержанием влаги 30 % процесс выпаривания до содержания влаги 1 % длится примерно сутки. Теплота, расходуемая на процесс нагрева нефтешлама и выпаривания влаги из него, подводится от водогрейного котла с номинальной тепловой мощностью 95 кВт. Система автоматики котла не позволяет воде нагреваться до температуры выше 95 °С, при этом в режиме выпаривания, как показал опыт эксплуатации, котел работает с длительными перерывами. Из теплового баланса следует, что если бы номинальная тепловая мощность котла использовалась непрерывно, то процесс выпаривания длился бы примерно 6 часов, т.е. в 4 раза меньше, чем в существующей установке, при этом производительность аппарата выросла бы во столько же раз. Этого не происходит потому, что при существующих условиях поверхность теплообмена нагревателя выпарного аппарата является недостаточной для передачи номинальной тепловой мощности котла к нефтешламу в процессе выпаривания. Кроме того, теплота пара, выходящего из аппарата, никак не используется и теряется в калорифере, хотя численно (за исключением потерь) равна теплоте, подводимой к нефтешламу греющей водой от котла.

Для увеличения производительности выпарной установки необходимо увеличить поверхность нагревателя в несколько раз, кроме того, одновременно нужно увеличить охлаждающую мощность калорифера для конденсации увеличенного расхода пара. [2] Кроме того, теплоту получаемого пара можно утилизировать в дополнительной выпарной ступени, работающей по принципу основного аппарата, только вместо греющей воды дополнительная ступень будет обогреваться паром, выходящим из основной ступени.

#### Список литературы:

1. Исаченко В.Л., Осипова В.А. и др. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981. – 417 с.
2. Лыков А.В. Тепломассообмен: Справочник. – М.: Энергия, 1978. – 480 с.

УДК 66.047.545:614.833.001.25

#### Результаты исследования статической электризации порошкообразных веществ и эффективности средств защиты

*Кырмакова О.С., Гуляев М.В., Сечин А.И., Задорожная Т.А.  
Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Представлены исследования процесса электризации пылеобразующих материалов внутри технологического оборудования пневмотранспорта и сушки пылеобразующих материалов.

Исследования проводились на специально разработанной пилотной установке. Показано, что электростатический потенциал, возникающий непосредственно на действующем технологическом оборудовании может достигать 7,5 тыс. вольт и более.

Для определения уровня статической электризации пылеобразующих материалов при их пневмотранспортировке и сушке была спроектирована и изготовлена из нержавеющей стали пилотная установка. Основными узлами установки являются: шнековый дозатор, расширитель, циклон, бункер циклона, тканевый фильтр, система трубопроводов. Характерными участками установки являются: система трубопроводов, циклон, бункер циклона. В процессе работы установки, предусмотрена возможность плавной регулировки температуры и скорости теплоносителя в необходимом интервале. Чтобы исследовать электризацию пылеобразующих материалов внутри оборудования, каждый из участков изолировался друг от друга с помощью диэлектрических прокладок, изготовленных из фторопласта, а также от земли. Каждый из участков индивидуально подключается к измерительной аппаратуре.

Для измерения зарядов статического электричества использовались стандартные приборы, электростатические вольтметры С50 и С95. Для измерения токов статического электричества использовался ламповый вольтметр ВЛУ-2. При измерении токов с одного участка установки, остальные участки заземлялись с целью исключения их влияния на результаты измерений [1].

Известно, что появление заряда любого знака на технологическом оборудовании, связано с процессами порождающими контактный заряд, что является фактической причиной появления искрового разряда между заряженным материалом и металлическими частями технологического оборудования [2, 3].

Исследовались три режима работы технологического оборудования: пуск, установившийся режим и останов оборудования.

На Рис. 1. представлена качественная картина измерения тока от циклона во времени. Ток быстро растет до максимума, соответствующему определенному режиму работы установки, затем несколько уменьшается и стабилизируется. Аналогичная картина происходит при остановке системы пневмотранспорта Рис. 2.

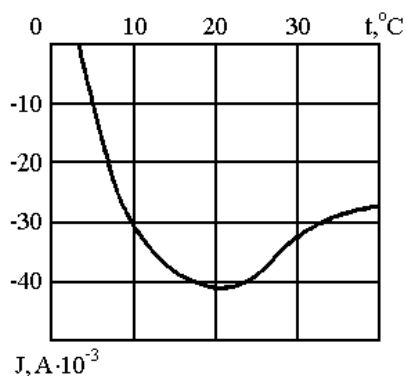


Рис. 1. Изменение тока утечки с циклона при пуске

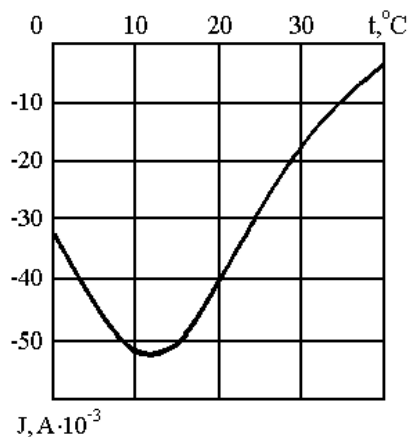


Рис. 2. Изменение тока утечки с циклона при остановке

Броски тока при пуске и остановке представляют известный практический интерес, так как свидетельствуют о поступлении сильно заряженной массы вещества в наиболее опасный участок пневмотранспорта. В этих условиях увеличивается вероятность возникновения искрового разряда.

Характер изменения процесса статической электризации в циклоне следующий. В циклоне происходит резкое падение скорости движения транспортируемого материала и создаются наиболее благоприятные условия для образования пограничного диэлектрического слоя. При этом иногда наблюдается отрыв этого слоя, но этот отрыв происходит реже, чем в трубопроводе и решающего влияния на электрические процессы не оказывает. Вследствие существования стационарного пограничного слоя (при принятых в пневмотранспорте скоростях)

имеется слабый контакт между основной массой и металлическим корпусом циклона, что в сочетании с малой скоростью воздушного потока в циклоне вызывает лишь слабую электризацию.

Установившийся режим исследован при различных концентрациях вещества и скорости воздушного потока. Результаты исследований отражены в зависимостях, представленных на рисунках 3 и 4.

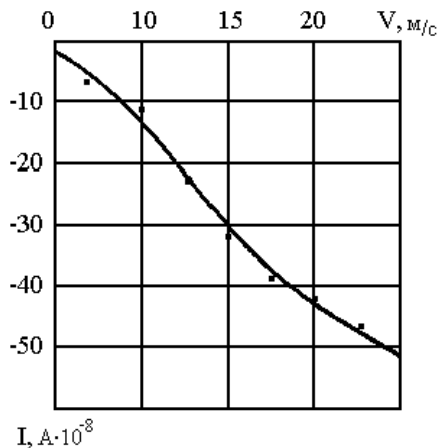


Рис. 3. Изменение тока утечки от скорости воздушного потока

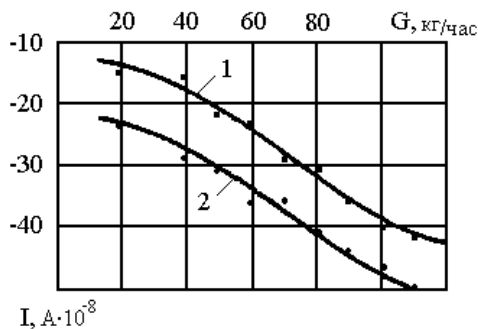


Рис. 4. Изменение тока утечки с циклона от скорости пневмотранспортирования: 1 - 15 м/с; 2 - 25 м/с.

Поэтому в циклоне наблюдается резкое преобладание процессов передачи зарядов над электризацией частиц при их контакте со стенками. Следовательно, ток в циклоне практически всегда отрицательный. На рис. 3. представлена зависимость тока циклона от скорости воздушного потока. С увеличением скорости воздуха ток циклона значительно растет, что указывает на возрастание величины заряда, приобретаемого частицами в трубопроводе. При дальнейшем увеличении скорости потока (около 20 м/с) происходит некоторое замедление роста тока: это объясняется тем, что часть заряженных частиц не успевает контактировать со стенками циклона и уносится воздушным потоком в бункер сухого продукта. Характерна также зависимость тока циклона от расхода вещества рис. 4. С увеличением расхода транспортируемого материала заметно возрастает и ток от циклона.

Надо отметить, что с течением времени в циклоне, как и в других участках установки, появляется пограничный диэлектрический слой, толщина которого постепенно увеличивается. Это приводит к ухудшению условий передачи зарядов и соответственно уменьшению зарядного тока. Так как циклон является тем участком установки пневмотранспорта, где происходит интенсивное разряжение частиц транспортируемого материала, то по величине тока циклона можно судить об усредненном значении удельного заряда.

В результате проделанной работы было установлено, что фактически измеряемый ток может зависеть от качества изоляции и измерений из-за утечки могут дать заниженные результаты. Для этой цели были проведены исследования зависимости электростатического потенциала на корпусе циклона от различных факторов (температуры теплоносителя и др.) при разных режимах сушки. Полученные верхние границы электростатического потенциала показывают, что замеренные токи утечки можно считать в достаточной степени достоверными.

Исследуемые вещества (аспирин, анестезин, никотиновая кислота) обладают высокими диэлектрическими свойствами и способны к интенсивной электризации. Электростатический потенциал, замеренный непосредственно на действующем технологическом оборудовании в отдельных случаях достигал 7,5 тыс. вольт и более.

Теоретические расчеты и результаты исследования показали, что наиболее опасным местом системы пневмотранспорта и –сушки является циклон. При этом возникновение статического электричества на оборудовании не носит устойчивого характера и зависит от многих сопутствующих причин.

#### Список литературы:

1. ГОСТ 12.4.124-83. ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.
2. Гуляев М.В., Сечин А.И. Обеспечение взрывобезопасности при статической электризации порошкообразных веществ в некоторых технологических процессах./Материалы пятой Всероссийской научно-технической конференции “Энергетика: экология, надежность, безопасность”. Томск: Изд-во ТПУ, 1999. 250 с.
3. Гуляев М.В., Панин В.Ф., Сечин А.И. Исследование и разработка системы безопасности во взрывоопасных производствах./The Third Russian-Korean International Symposium on Science and Technology, KORUS'99, Novosibirsk State Technical University, 1999, 807 s.

#### **Анализ критерия опасности при пуске нефтяных скважин в эксплуатацию**

*Сечин А.И., Задорожная Т.А., Сечин А.А.*

*Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Проведение штатных регламентных работ на нефтяных скважинах требует особого внимания к обеспечению безопасности. Особый период наступает при вводе в скважины эксплуатацию. В этой технологической фазе широко используется метод эрлифта, когда проводится закачка газовой фазы в межтрубный объем для поднятия нефти. Правила безопасности рекомендуют использовать в этих случаях только химически нейтральные газы, которые доставляются на месторождение или производятся на месте, что влечет за собой большие энергетические и финансовые затраты.

В данной работе сделана попытка поиска возможности подачи атмосферного воздуха в межтрубный объем, а не химически нейтральной газовой фазы.

Проведенный анализ рабочей среды, возникающий в результате технологических операций, по введению скважины в штатный режим эксплуатации показал, что в процессе снижения уровня нефтяного столба в трубном пространстве, наблюдается эффект, при котором на стенках остается тонкий слой нефти, из которого происходит испарение газопаровой фазы в объем трубы. Было установлено, что газовый состав среды содержит, в основном, горючие компоненты в количественном составе 4 наименования; другие компоненты, такие как метан, этан, пропан, бутан, не могут находиться в газовом составе в количестве представляющем опасность воспламенения. В таблице 1 представлены пожаро- и взрывоопасные характеристики веществ [1, 2, 3], входящих в физико-химический состав пробы легкой нефти, выполненной по ГОСТ 23781.

На основе представленных данных и технологическим устройством скважины следует, что источником зажигания парогазовой смеси, находящейся внутри объекта, может быть: самовоспламенение или разряд статического электричества.

Из анализа представленных данных был вывод, что самовоспламенения среды не произойдет, так как характеристики этого показателя пожаро- и взрывоопасности представляют величины более 400 °С (см. табл.1), а на объекте нет мест, где может локально возникнуть область прогревая до такой температуры. Значит, этот фактор в рассматриваемом анализе можно исключить.

Известно, что аппараты или технологическое оборудование удовлетворяют требованиям электростатической искробезопасности в том случае, если возникновение разрядов статического электричества исключено, или если существуют разряды с воспламеняющей способностью в 2,5 раза меньше, чем минимальная энергия зажигания горючих смесей, образующихся в производстве [4]. Минимальная энергия зажигания, как и другие характеристики пожаро- и взрывоопасности обрабатываемых в производстве веществ, определяются согласно действующего стандарта [5].

Анализ данных табл. 1 показывает, что указанные вещества имеют минимальную энергию зажигания величиной не менее 0,2 мДж. Допустимое значение  $I_k$  определялось как наибольший линейный размер области ионизации, образующейся при разряде на электроде с безопасным радиусом кривизны поверхности. По значениям минимальной энергии зажигания 0,25 мДж, характеристический размер  $I_k$  составил более 0,06 м. Следовательно, инициирование воспламенения парогазовой фазы разрядом статического электричества произойти не может.

Для исключения заноса потенциала заряда с ременной передачи компрессора на установку, необходимо выполнение следующих условий: компрессор должен иметь приводные антистатические клиновые ремни; иметь грамотно выполненное заземление.