

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ПЫЛИ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРАМИ НА ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Приводятся результаты моделирования процесса осаждения пыли и определения оптимальных параметров электрофильтров для очистки воздуха рабочих мест операторов технологических линий мукомольных и зерноперерабатывающих предприятий.

Ключевые слова: зерноперерабатывающие предприятия, пыль, осаждение, электрофильтры, моделирование.

N.I. Chepelev, I.O. Bogulsky, D.A. Edimichev

MODELLING OF PROCESS OF SEDIMENTATION OF THE DUST BY ELECTROFILTERS ON ZERNOPERERABATYVAYUSHCHIKH THE ENTERPRISES

Results modeling of process of sedimentation of a dust and determination of optimum parameters of electro-filters for purification of air of workplaces of operators of technological lines of the flour-grinding and zernopererabatyvayushchyy enterprises are given.

Keywords: zernopererabatyvayushchyy enterprises, dust, sedimentation, electrofilters, modeling.

В настоящее время в России на мукомольных и зерноперерабатывающих предприятиях наблюдается значительное превышение норм предельно допустимых концентраций (ПДК) по содержанию пылевидных частиц в воздухе. Согласно требованиям санитарных норм чистота воздуха в рабочих помещениях должна поддерживаться по запыленности на уровне, не превышающем ПДК: 4 мг/м³ для зерновой пыли и 6 мг/м³ для мучной пыли. Как показывает практика, на отдельных рабочих местах операторов мукомольного оборудования запыленность воздуха превышает допустимые значения, установленные санитарными нормами, в 2–20 раз, что может вызывать тяжелые профессиональные заболевания и снижение производительности труда. Кроме того высокая запыленность воздуха значительно увеличивает износ технологического оборудования.

В настоящее время на предприятиях по переработке зерна и производству муки широко применяются механические способы снижения концентрации пыли, а именно – системы приточно-вытяжной вентиляции в комбинации с циклонами, скрубберами или матерчатыми фильтрами. Применение в системе вентиляции механических пылеуловителей не позволяет в значительной мере улучшить состояние воздуха рабочей зоны с точки зрения запыленности, так как это обусловлено некоторыми недостатками используемых устройств, такими как недостаточная эффективность улавливать преобладающую мелкодисперсную пыль, высокие энергозатраты, большие габаритные размеры.

На основании изложенного предлагается использовать в качестве прогрессивной технологии пылеудаления – способ электрической фильтрации запыленного воздуха с применением электрофильтров. Согласно проведенным исследованиям электрофильтры обладают некоторыми преимуществами по сравнению с механическими и другими видами пылеуловителей. Основными преимуществами применения электрофильтров является высокая эффективность очистки запыленного воздуха в различных условиях (большая запыленность, наличие мелкодисперсной пыли в воздухе, высокая температура, влажность, наличие скоростного воздушного потока), низкие энергозатраты (как правило, они не превышают 100–150 Вт на 1000 м³), простота и надежность конструкции.

Разработанная и запатентованная конструкция исследуемого электрофильтра (Патент РФ 2008144413/12(057920). Опубл. 10.11.2008г.) позволяет эффективно улавливать и осаждать пыль из рабочей зоны операторов технологического оборудования по переработке зерна. Конструкция предлагаемого устройства приведена на рисунке 1.

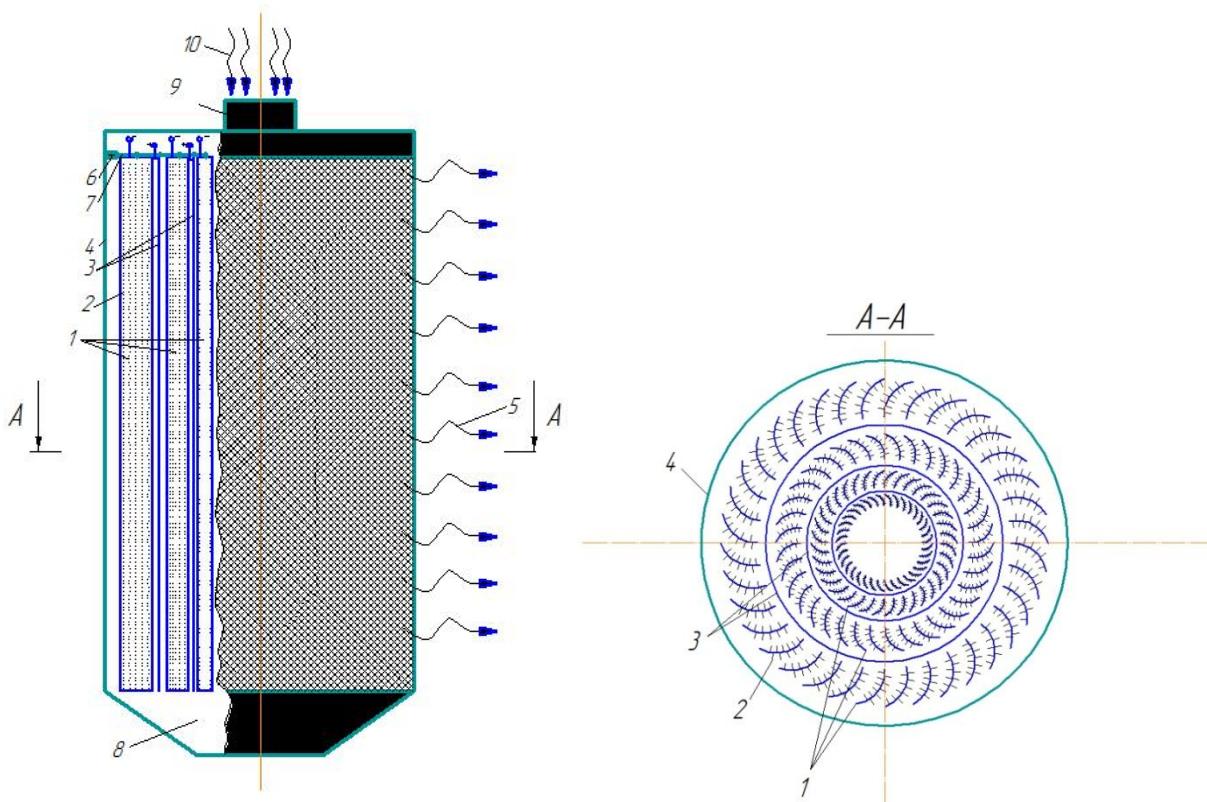


Рис. 1. Внутреннее устройство и конструктивное исполнение исследуемого электрофильтра

Электрофильтр работает следующим образом. Запыленный газ 9 поступает в водную шахту 8, попадая на коронирующие 1 и осадительные 3 электроды, расположенные ближе к центру электрофильтра. При прохождении газа, со взвешенными пылевидными частицами в межэлектродном пространстве частицы пыли приобретают отрицательный заряд и под воздействием электрического поля перемещаются к положительно заряженным осадительным электродам 3. Пылевидные частицы приобретают отрицательный заряд при помощи коронирующих игл 2, с которых происходит сход электронов в сторону осадительного электрода 3. При прохождении газа через уровни радиально, поочередно расположенных цилиндрических осадительных 3 и коронирующих 1 электродов в сторону корпуса происходит поэтапная очистка запыленного газа, который выходит через пластиковый корпус 4. Пыль, осевшую на осадительном электроде, удаляют при помощи генератора ультразвуковых колебаний 6 в осадительный бункер 7. Из осадительного бункера мучная и зерновая пыль удаляется при помощи пневматической транспортной магистрали.

Для электрогазоочистки будет использоваться импульсная отрицательная корона, т.е. на коронирующий электрод будет подаваться импульсы отрицательного напряжения выпрямленного тока. Это объясняется большой подвижностью отрицательных ионов по сравнению с положительными, а также тем, что при отрицательной короне удается поддерживать более высокое напряжение без искрового пробоя. Кроме того применение импульса отрицательного напряжения позволяет приложить к коронирующему электродам еще более высокое напряжение без опасности возникновения искрового пробоя в межэлектродном пространстве, а также применение импульсного питания значительно улучшает качество очистки осадительных и коронирующих электродов от осевшей пыли, в пылесборочный бункер.

На эффективность работы устройства для обеспыливания воздуха помещений мукомольных предприятий оказывают влияние следующие факторы:

- 1) U_m – амплитудное значение импульса приложенного напряжения на коронирующих электродах, кВ;
- 2) n – частота повторения импульсов напряжения, с⁻¹;
- 3) V – скорость воздушного потока проходящего через обеспыливающее устройство, м/с.

С целью определения оптимального сочетания взаимосвязанных воздействий на исследуемый объект факторов, используется метод математического планирования эксперимента. Выбранные нами факторы, влияющие на эффективность работы обеспыливающего устройства – количественные, отвечают необходимым требованиям – совместимостью и независимостью.

В качестве критерия оптимизации принимаем Y – эффективность работы электрофильтра. Для определения эффективности работы электрофильтра проводились непрерывные измерения запыленности воздуха на входе воздушного потока в электрофильтр и на выходе очищенного потока воздуха из электрофильтра. Эффективность улавливания и осаждения пылевидных частиц на электродах предлагаемого устройства определялись по формуле (1).

$$\eta_n = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \cdot 100, \quad (1)$$

где η_n – эффективность очистки воздуха от пыли, %;

q_1 – первоначальная концентрация пыли при входе на пылеуловитель, $\text{мг}/\text{м}^3$;

q_2 – конечная концентрация пыли при выходе на пылеуловитель, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Для описания результатов экспериментальных исследований применялось планирование эксперимента второго порядка, позволяющее получить представление отклика с помощью полинома второй степени. Для этого был использован трехуровневый, трехфакторный план Бокса-Бенкина. Трехуровневые планы Бокса-Бенкина в сравнении с ортогональными и ротатабельными планами более экономичны по числу опытов и обладают их свойствами, кроме того 3-уровневый план близок к D-оптимальному.

В результате проведения трехуровневого, трехфакторного эксперимента и обработки экспериментальных данных была получена следующая математическая зависимость:

$$Y = 51,3 + 2,152 \cdot U + 0,0102 \cdot n - 4,1 \cdot V - 0,000277 \cdot U \cdot n + 0,000114 \cdot n \cdot V + \\ + 0,0512 \cdot U \cdot V - 0,0184 \cdot U^2 - 3 \cdot 10^{-6} \cdot n^2 + 0,0736 \cdot V^2. \quad (2)$$

При этом средняя ошибка опыта составила $\varepsilon_{\text{ср}} = 0,000396 \%$, а максимальная $\varepsilon_{\text{max}} = 0,276 \%$. Адекватность полученной математической модели проверена при помощи F-критерия Фишера. В соответствии с полученной математической моделью строились поверхности функции отклика (рис. 2–4). Поверхность отклика, полученная уравнением (2), представляет не что иное как пятимерный параболоид.

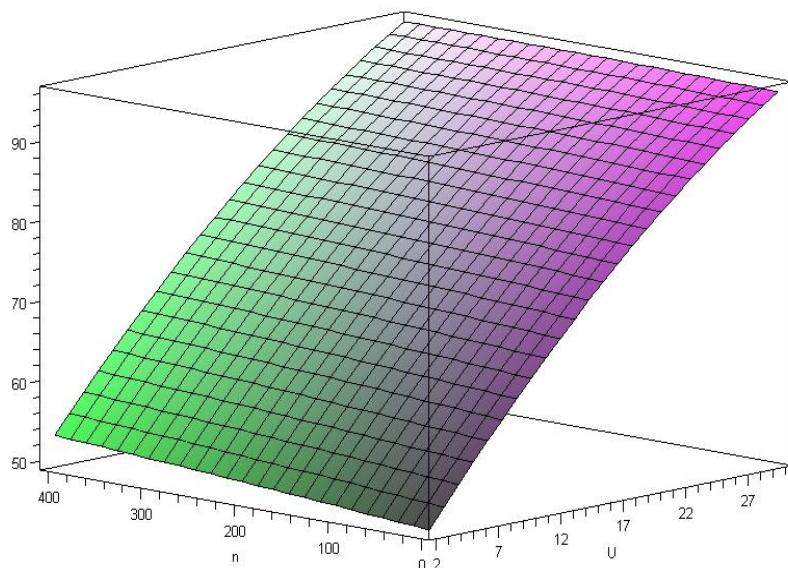


Рис. 2. Поверхность функции отклика при варьировании параметрами: U – напряжение; n – частота импульсов при фиксированном значении $V=1,75$ (центр эксперимента)

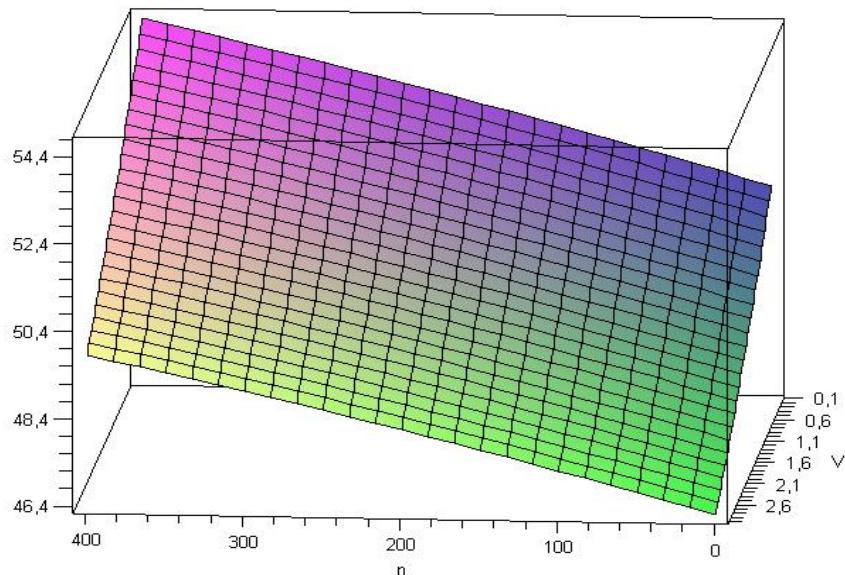


Рис. 3. Поверхность функции отклика при варьировании параметрами: V – скорость воздушного потока; n – частота импульсов при фиксированном значении $U=17$ (нижний предел)

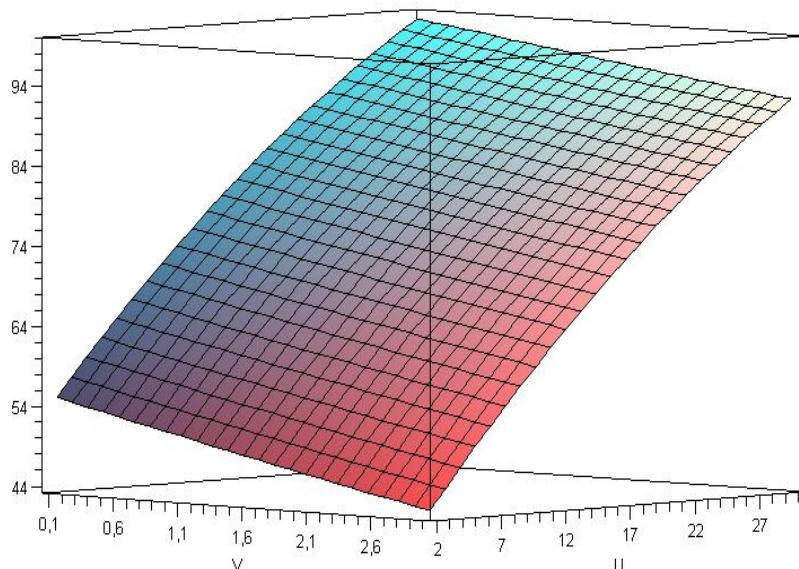


Рис. 4. Поверхность функции отклика при варьировании параметрами: V – скорость воздушного потока; U – напряжение на электродах при фиксированном значении $n=500$ (верхний уровень)

Анализируя поверхности функции отклика и полученную математическую зависимость, можно сделать вывод, что на эффективность снижения запыленности воздуха исследуемые параметры влияют неоднозначно. Существенная зависимость критерия оптимизации U_u наблюдается от влияния напряжения выпрямленного тока U , заметное воздействие оказывает скорость воздушного потока, проходящего через обеспыливающее устройство, и менее значительное влияние оказывает частота импульсов напряжения, что полностью подтверждает проведенные теоретические исследования.

Полученное уравнение дает основание для отработки параметров рациональной настройки предлагаемого устройства по критерию повышение эффективности его работы, т.е. требуется определить напряжение, приложенное к электродам U , частоту импульса n и скорость движения потока воздуха через предлагаемый электрофильтр, при которых эффективность работы электрофильтра была бы максимальной.

Располагая общим видом зависимости эффективности работы от параметров настройки устройства (2), рациональные значения U , n , V находим как решение системы трех уравнений, представляющих собой частные производные по dU , dn , dV .

В результате решения системы уравнения методом Крамера определили условия, при которых устройство работает наиболее эффективно:

$$U=30 \text{ кВ}, n=400 \text{ с}^{-1}, V=1,5 \text{ м/с.}$$

Полученные значения параметров работы предлагаемого устройства могут быть использованы при отработке технологии пылеудаления на основе явления коронного разряда на предприятиях мукомольной и зерноперерабатывающей промышленности.

Литература

1. Чепелев Н.И. Улучшение условий труда при пойменном кормопроизводстве совершенствованием технологии снижения концентрации пыли: автореф. дис...канд. техн. наук. – СПб. – Пушкин, 1994. – 16 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1986. – 279 с.



УДК 631.371.004.12:33

Г.С. Кудряшев, Я.М. Иваньо, М.И. Лайков

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

В статье рассматривается адаптивная система компенсации реактивной мощности. Приводится принцип построения и структурная схема для разработки устройства компенсации. Представлена разработанная функциональная схема и результаты моделирования компенсирующего устройства.

Ключевые слова: реактивная мощность, адаптивная система, компенсация, исследование параметров.

G.S. Kudryashev, Ya.M. Ivanyo, M.I. Laikov

ADAPTIVE SYSTEM FOR THE REACTIVE POWER COMPENSATION

Adaptive system for the reactive power compensation is considered in the article. The principle for construction and the structural diagram for the compensating device development is given. The developed functional diagram and the results of modeling the compensating device are given.

Key words: reactive power, adaptive system, compensation, parameter research.

Для сельскохозяйственного предприятия по условиям работы энергосистемы и из-за других мероприятий по регулированию реактивной мощности необходимо ее компенсировать в нормированных пределах. Для этого применяется регулируемая конденсаторная установка, управляемая автоматически в зависимости от режимов работы сельскохозяйственного предприятия. В данном случае целесообразно применять адаптивную систему регулирования реактивной мощности.

Целью работы является разработка адаптивной системы компенсации реактивной мощности.

В настоящее время существует довольно много подходов к построению адаптивных систем. Не углубляясь во все развивающиеся направления адаптации, укажем только некоторые, наиболее существенные признаки деления методов адаптации по:

1. Уровню априорной информации: параметрическая, структурная адаптации.
2. Организации процесса адаптации: поисковые, беспоисковые методы.