

*Канд. техн. наук, доцент Пупков В.С.,  
(ДонДТУ, г. Алчевск, Украина)  
Канд. физ. мат. наук, доцент Мочалин Е.В.,  
(ДонДТУ, г. Алчевск, Украина)  
студентка Алипер Ю.И.  
(ДонДТУ, г. Алчевск, Украина)*

## КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБЕСПЕЧИВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ФИЛЬТРА С ПРОТИВОТОЧНОЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ СЕТЧАТОГО ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТА

*Сформульовані вимоги до спеціалізованої комп'ютерної системи, яка дозволяє встановити і підтримувати раціональний режим роботи фільтру.*

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Нормальная работа фильтров с противоточной регенерацией (ФПР) возможна только при условии полного удаления загрязнений, образованных на каждом цикле фильтрования. Но практика эксплуатации показывает, что добиться такого режима работы практически никогда не удается [1]. В работах [2, 3] показано, что причина неудовлетворительного восстановления фильтрующих свойств сетки заключается в ошибочном определении силы, с которой частицы загрязнителя удерживаются в ячейке сетки. Ошибку вызывает пренебрежение наличием скорости частиц, которой они обладают на подходе к сетке.

**Анализ исследований и публикаций.** В работе [4] показано, что величина реальных сил трения, на порядок превышает ожидаемые значения.

$$F_{tr}^D = [10-15] \cdot F_{tr}^S \quad (1)$$

где  $F_{tr}^D$  – сила трения, удерживающая частицу в ячейке сетки, определенная с учетом динамики процесса загрязнения;  $F_{tr}^S$  – сила трения, удерживающая частицу в ячейке сетки, определенная без учета динамики процесса загрязнения.

Поэтому превышение перепада давления при регенерации  $\Delta p_{reg}$

над перепадом давления при загрязнении  $\Delta p_{zag}$  в 5 раз, как принято в существующих ФПР [5], явно недостаточно. Следовательно стабильную работу ФПР можно обеспечить или за счет применения устройств интенсифицирующих процесс регенерации сетки, или ограничив максимальный перепад давления при загрязнении  $\Delta p_{zag}$  до значения, при котором силы трения  $F_{tr}$ , удерживающие частицу в ячейке сетки, можно преодолеть силовым воздействием, обеспечиваемым в режиме регенерации. Такой режим уместно назвать рациональным. Второй вариант предпочтительней, поскольку не требует практически никаких затрат.

**Постановка задачи.** Целью настоящего исследования является разработка специализированной компьютерной системы, позволяющей установить и поддерживать рациональный режим работы ФПР.

**Изложение материала и его результаты.** Поскольку перепад давления при регенерации определяется рабочим давлением фильтра  $p_p$ , сначала определим граничное значение  $\Delta p_{reg}$ , при котором еще можно удалить все частицы, без применения средств интенсификации.

Сила трения, которой частица удерживается в ячейке сетки, определяются следующим образом:

$$F_{tr} = f \cdot K_G \cdot \delta_Z^{1.5}, \quad (2)$$

где  $f$  – коэффициент трения взятый с учетом того, что коэффициент трения покоя приблизительно в 1,46 раза больше коэффициента трения скольжения;  $K_G$  – коэффициент жесткости системы, зависящий от упругих свойств контактирующих тел и их геометрии;  $\delta_Z$  – величина деформации системы частица-провода сетки, полученная в процессе загрязнения [2].

Связь между величиной  $\delta_Z$  и  $\Delta p_{zag}$ , полученная на основании моделирования процесса загрязнения [2], графически показана на рис. 1 (данные представленные на этом и последующих рисунках соответствуют следующим параметрам: латунная сетка № 300; материал частиц загрязнителя – уголь марки «антрацит»; начальная скорость фильтрования 0,1 м/с).

Значение перепада давления при регенерации сетки  $\Delta p_{reg}$  можно определить, рассмотрев течение жидкости через промывное устройство с использованием расчетной схемы представленной на рис. 2. Считая, что перетоки через уплотнения промывного устройства отсутствуют, и потери давления при течении жидкости через промывное устройство вызваны, в основном, разницей площадей промывного устройства  $\omega_{рег}$  и отводящего трубопровода  $\omega_{мп}$ , связь между рабочим давлением  $p_p$  и

скоростью жидкости в отводящем трубопроводе  $V_{mp}$  запишется следующим образом:

$$p_p = \Delta p_{reg} + \Delta p_n + \frac{\rho \cdot V_{mp}^2}{2}, \quad (3)$$

где  $\Delta p_n$  – потери напора в промывном устройстве;  $\rho$  – плотность жидкости;

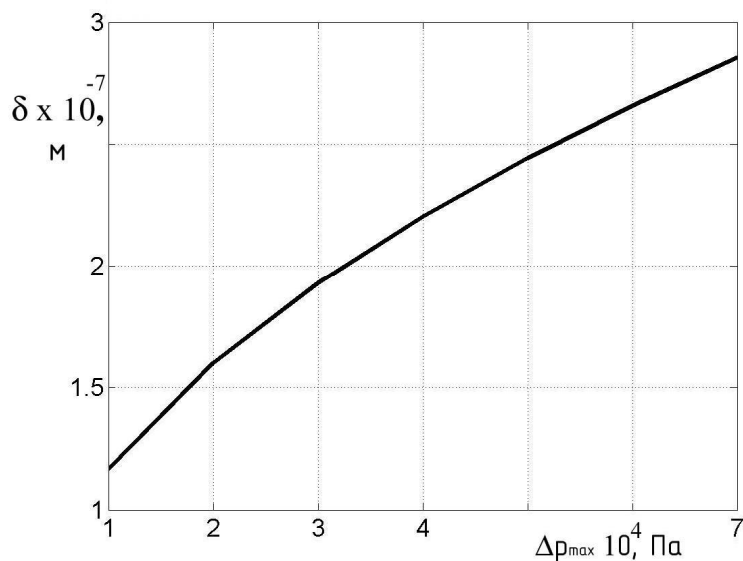


Рисунок 1 – Величина деформации соответствующая различным перепадам давления  $\Delta p_{reg}$ .

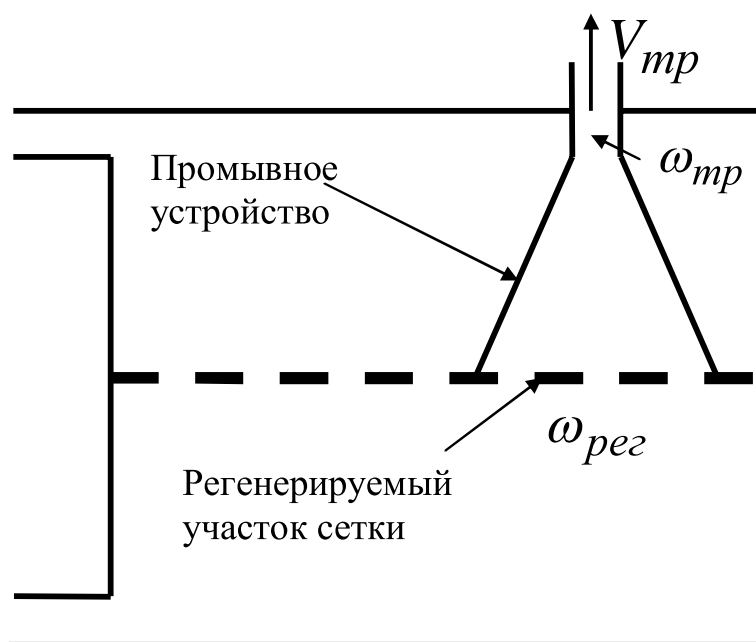


Рисунок 2 – Расчетная схема для определения  $\Delta p_{reg}$

Используя формулы для связи перепада давления на сетке со скоростью жидкости [6], можно определить перепад давления при регенерации  $\Delta p_{reg}$ , обеспечиваемый рабочим давлением  $p_p$ .

Поскольку требуемый перепад давления при регенерации должен быть

$$\Delta p_{reg} \geq \frac{4 \cdot F_{tr}}{\pi \cdot d_p^2},$$

можно построить график, показывающий, какой граничный максимальный перепад давления при загрязнении  $\Delta p_{zag}$  следует выбирать в зависимости от рабочего давления в фильтре  $p_p$  (рис. 3).

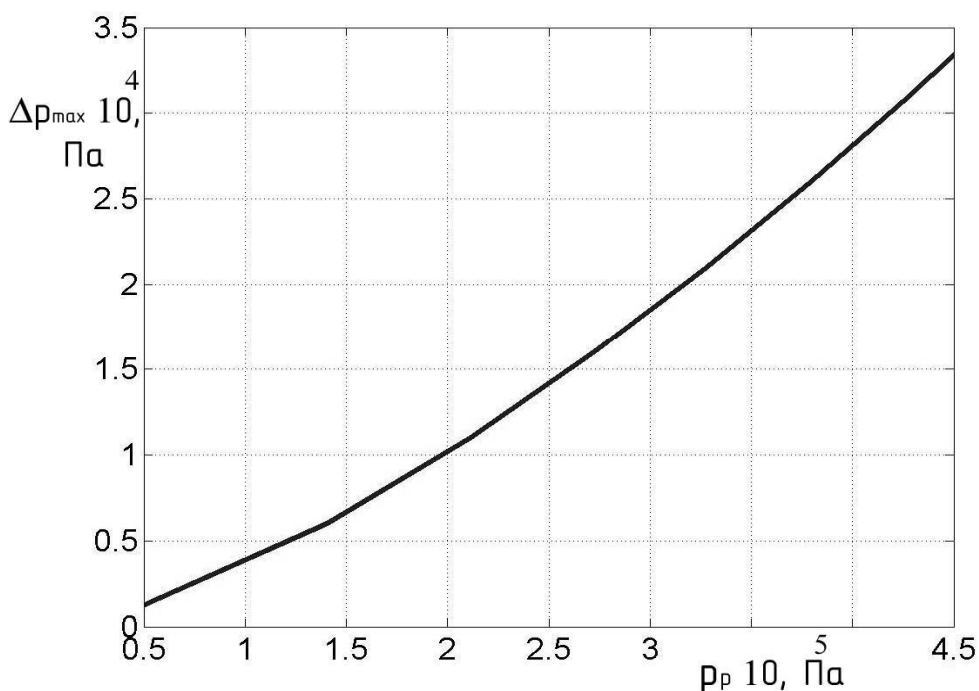


Рисунок 3. – Граничный перепад давления при загрязнении  $\Delta p_{zag}$ , в зависимости от рабочего давления фильтра  $p_p$

Линия на рис. 3 представляет собой граничное значение  $\Delta p_{zag}$ , при котором сформированные загрязнения, можно удалить за счет противоточной регенерации, без использования устройств интенсификации. Таким образом, расчеты показывают, что, зная материал частиц и производительность фильтра, всегда можно выбрать  $\Delta p_{zag}$  таким образом, что бы в режиме регенерации обеспечивалось полное восстановление

фильтрующих свойств сетки. Но данное решение не всегда можно непосредственно применить на практике. Затруднение вызывает отсутствие точных данных о физико-механических свойствах частиц загрязнителя. Определенные проблемы создает автоматика фильтра (рис. 4). Используемое для регистрирования перепада давления на сетке реле контроля протекания жидкости РКПЖ-1 обладает недостаточным диапазоном варьирования и слабой чувствительностью (около 0,002МПа) [7].

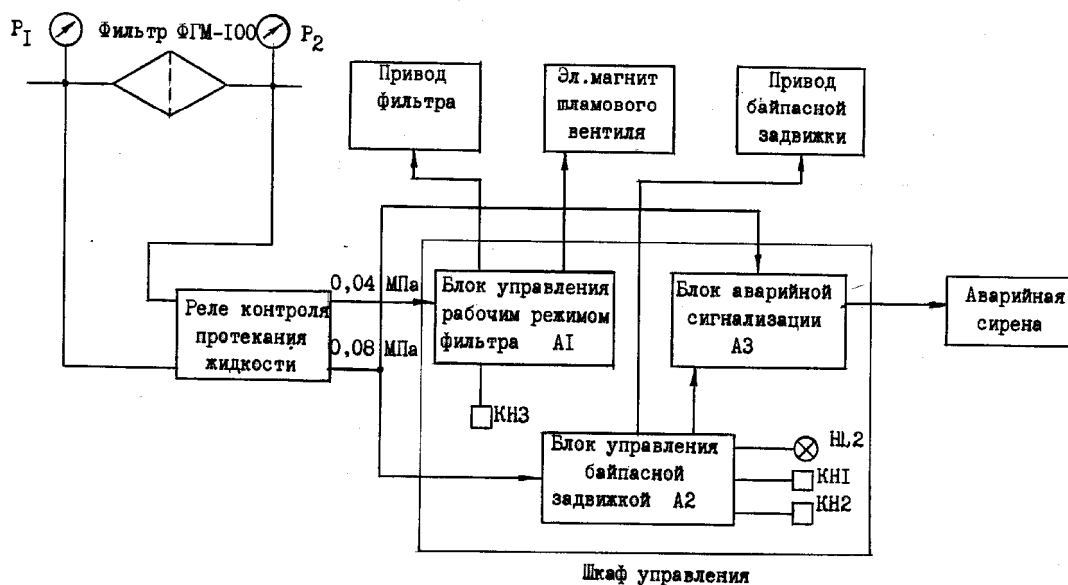


Рисунок 4 – Типовая схема автоматизации ФПР.

Актуальным решением этой проблемы является замена старой системы автоматизации на специализированную компьютерную систему, минимальный вариант которой представлен на рисунке 5.

Построение алгоритма работы схемы будем основывать на следующих предпосылках:

1. Признаком неудовлетворительной регенерации сетки является снижение времени работы фильтра между периодами регенерации  $T_p$ ;
2. Максимально допустимое снижение  $T_p$  может достигать величины не более 70% от времени первого цикла  $T_{id}$ ;
3. Для качественной очистки всей поверхности сетки достаточно 3 проходов сетки под промывным устройством.

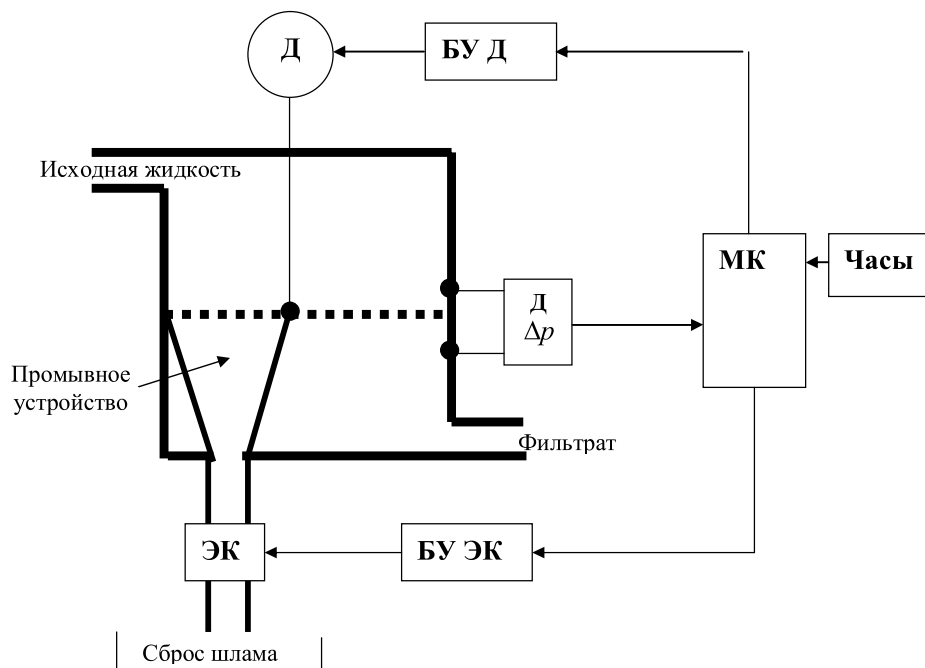


Рисунок 5. – Специализированная компьютерная система для установления оптимального режима ФПР.

Д – приводной двигатель; БУ Д – блок управления двигателем;

МК – микроконтроллер; Д  $\Delta p$  – датчик давления (например МРХ);

ЭК – электромагнитный клапан; БУ ЭК – блок управления клапаном.

Возможный алгоритм работы в этом случае будет выглядеть следующим образом (рис. 6).

Сохранение времени работы  $T_p$  на каждом цикле работы может помочь при устранении неполадок в работе фильтра. В том случае, когда первоначальное значение  $\Delta p_{zag}$  окажется завышенным, это проявится в постепенном снижении времени работы фильтра  $T_p$ . Поэтому, существует цепочка корректировки  $\Delta p_{zag}$  которая при снижении  $T_p$  на 10% делает попытку стабилизировать ситуацию путем снижения  $\Delta p_{zag}$ .

Использование такой системы позволяет существенно снизить инертность срабатывания автоматики фильтра. повысить чувствительность схемы и, что самое ценное снижает требование к точности определения  $\Delta p_{zag}$ .

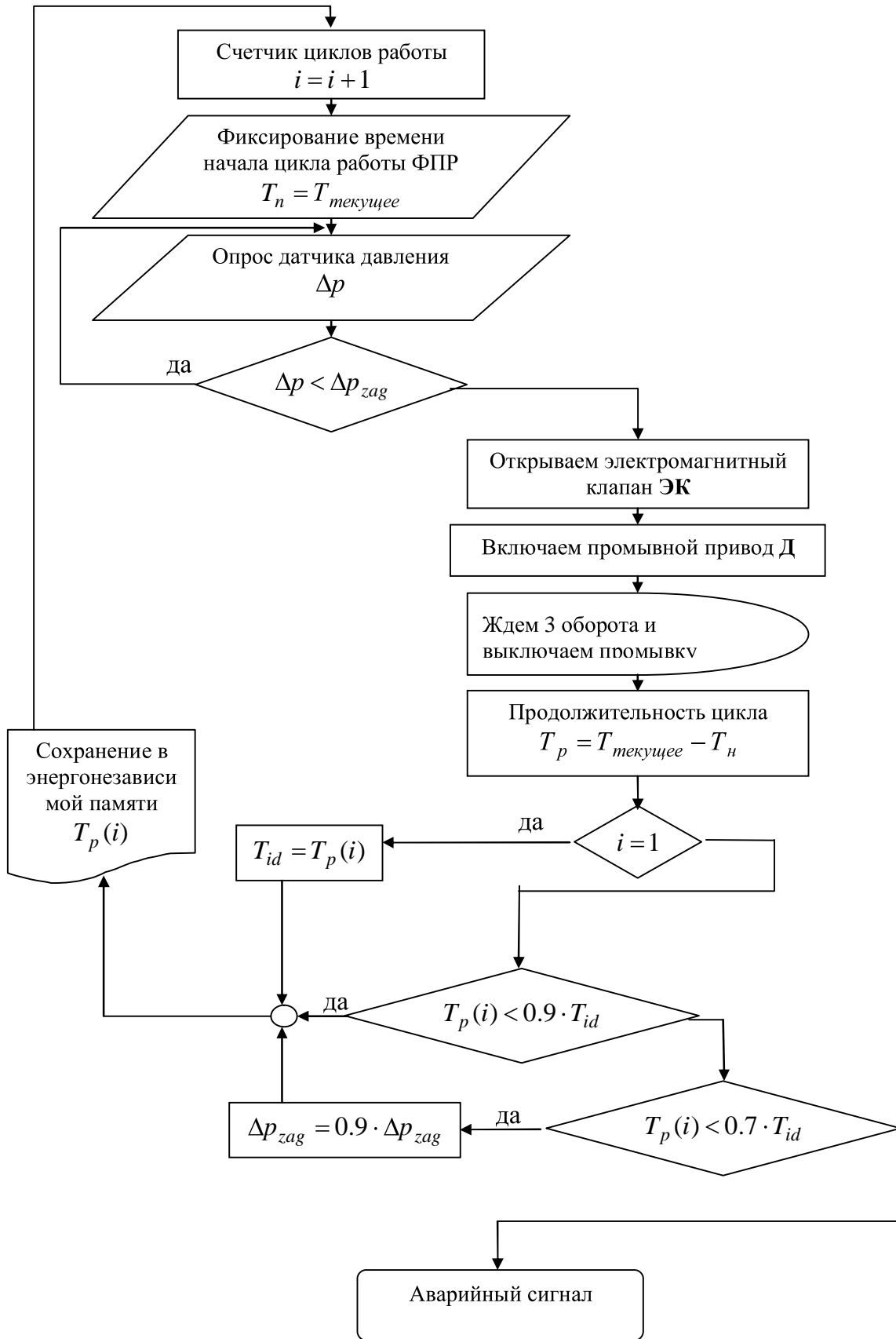


Рисунок 6 – Алгоритм работы автоматики.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Полученные результаты показывают, что использование микроконтроллерной системы управления автоматикой фильтра позволяет существенно улучшить его работу за счет вывода фильтра на рациональный режим работы. Достоинством представленного решения является также простота дальнейшей модернизации схемы, которая обеспечивается возможностью программирования логики ее работы и масштабирования. Например, эту схему легко дополнить датчиками перегрева приводов и контроля расхода жидкости через фильтр.

*Сформулированы требования к специализированной компьютерной системе, которая позволяет установить и поддерживать рациональный режим работы фильтра.*

*Requirements are formulated to the dedicated system which allows to set and support the rational mode of operations of filter.*

#### **Библиографический список.**

1. Мочалин Е.В., Петренко А.В., Кривошея П.Н.. Моделирование режима обратной промывки самоочищающегося фильтра// Вестник НТУ «ХПИ», 2001. – Вып. 129. – С.161-168.
2. Пушков В.С. Влияние кинетической энергии частиц на процесс загрязнения сетчатого фильтроэлемента // Сборник ИГТМ НАН Украины Геотехническая механика, 2004. – Вып. № 50. – С. 212-218.
3. Пушков В.С., Иванова Е.О. Анализ остаточных загрязнений сетчатых фильтров: Сб. науч. тр./ Алчевск: ДГМИ(ДонГТУ), 2005. – Вып. 9. – С. 302 –308.
4. Пушков В.С. Динамика частиц загрязнителя на подходе к сетке // Промислова гідроліка і пневматика / Вінниця: Вінницький державний аграрний університет, 2005 – Выпуск 2(8). – С. 69–73
5. Берестюк Г.И. Регенерация фильтров для разделения суспензий. – М.: Химия, 1978. – 96с.
6. Пушков В.С., Петренко А.В. Гидравлический коэффициент сопротивления для чистых и частично закупоренных сеток // Сб. научн. тр. ДГМИ Вып. 17 – Алчевск: ДГМИ, 2003 –С. 259–266.
7. Реле контроля протекания жидкости РКПЖ-1. <http://teploautomat.com/index>.