

Усовершенствование механизмов регулирования расходов рабочей среды аэродинамических систем

Статья посвящена проблеме регулирования аэродинамических систем. Проанализированы существующие конструкции регулирующих устройств, предложен механизм прохождения транспортируемых компонентов системы аспирации через диафрагму регулируемую и новую конструкции дроссель-клапана с плавнообтекаемым регулирующим элементом.

Усовершенствование регулирования аэродинамических систем определяет их энергетическую эффективность и производства в целом. Наиболее существенное влияние на потери энергии (напора) потока аэродинамической среды имеют местные сопротивления. Сложность расчета аэродинамических параметров в регулирующих устройствах обусловлена наличием в них изменений скорости движения, отрыва потока, возникновения вихреобразования, что влечет к неустойчивости турбулентности [1, 2].

Основными причинами несоответствия фактических расходов рабочей среды проектным на участках аэродинамических систем являются [2]:

а) невозможность достижения точной увязки потерь давления в узлах слияния (разделения) воздушных потоков из-за неточного изготовления и монтажа воздухопроводов;

б) сложность точного расчета их сопротивления (приближенными являются коэффициенты местных сопротивлений, их значение часто отличаются от принятых величин через взаимное влияние чрезмерно близких расположенных тройников, отводов и других источников местных сопротивлений);

в) нечеткость наладки системы при использовании имеющихся в настоящее время средств регулирования (не учитывается возможность ошибки при осевых замерах скоростей воздуха из-за изменения этих скоростей вне осей их замера), погрешность аппаратных измерений часто достигает 15-20%;

г) недостаточно точная регулировка наладчиками расхода воздуха по отдельным участкам системы из-за большой трудоемкости этой работы; при изменении положения заслонок (дроссель-клапанов) на одном из ответвлений происходит перераспределение расходов воздуха во всех участках воздуховода, поэтому наладочные операции приходится повторять много раз, постепенно приближаясь к проектным данным.

Для регулирования расходов рабочей среды аэродинамических систем широкое применение нашли дроссель-клапаны, регулирующие устройства, шиберы (рис.1). Регулирующим элементом в приведенных конструкциях является пластина или ряд

пластин, перфорированные пластины, при внешнем воздействии на которых происходит процесс регулирования расхода рабочей среды [3÷6].

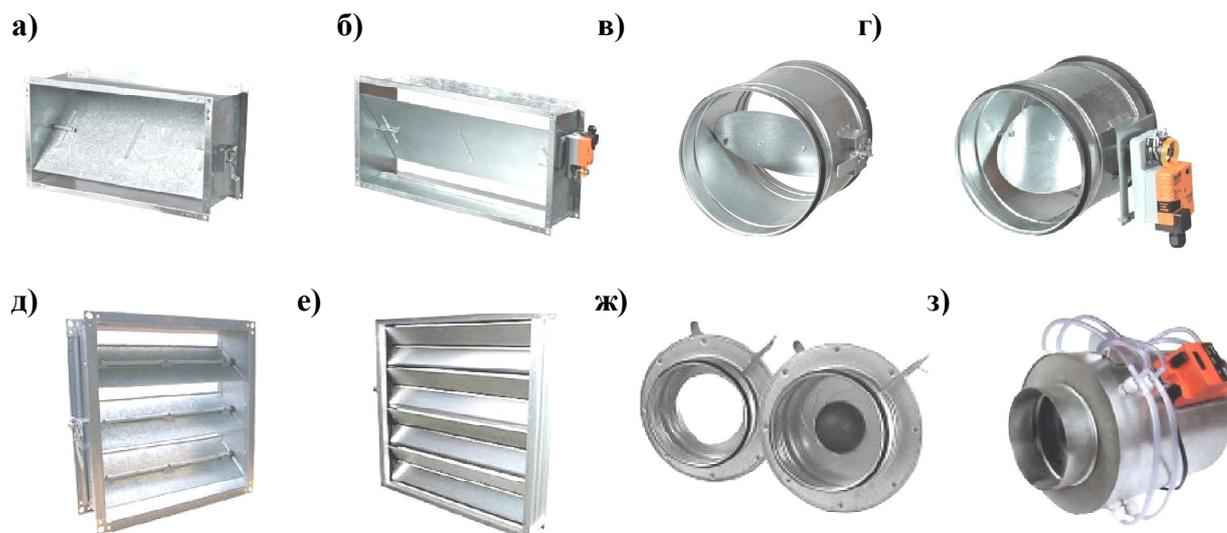


Рис.1. Регулирующие устройства аэродинамических систем:

а), б) – регулирующие устройства прямоугольного сечения, соответственно, с ручным и автоматическим управлением; в), г) – регулирующие устройства круглого сечения, соответственно, с ручным и автоматическим управлением; д), е) – многостворчатые регулирующие клапаны с вращающимися створками, соответственно, параллельно-створчатые, непараллельно-створчатые; ж) – диафрагма регулирующая; з) - регулятор RVP-R системы VAV (Variable Air Volume)

При отсутствии регулирования (створки параллельны потоку воздуха), размещение регулирующего элемента внутри вышеприведенных регулирующих устройств приводит к образованию местного сопротивления при перетекании воздуха через последний, что влечет к образованию местных потерь давления.

Для примера рассмотрен график потерь давления на регуляторе RVP-R системы VAV (Variable Air Volume) [6] при полностью открытой дроссельной заслонке (рис.2).

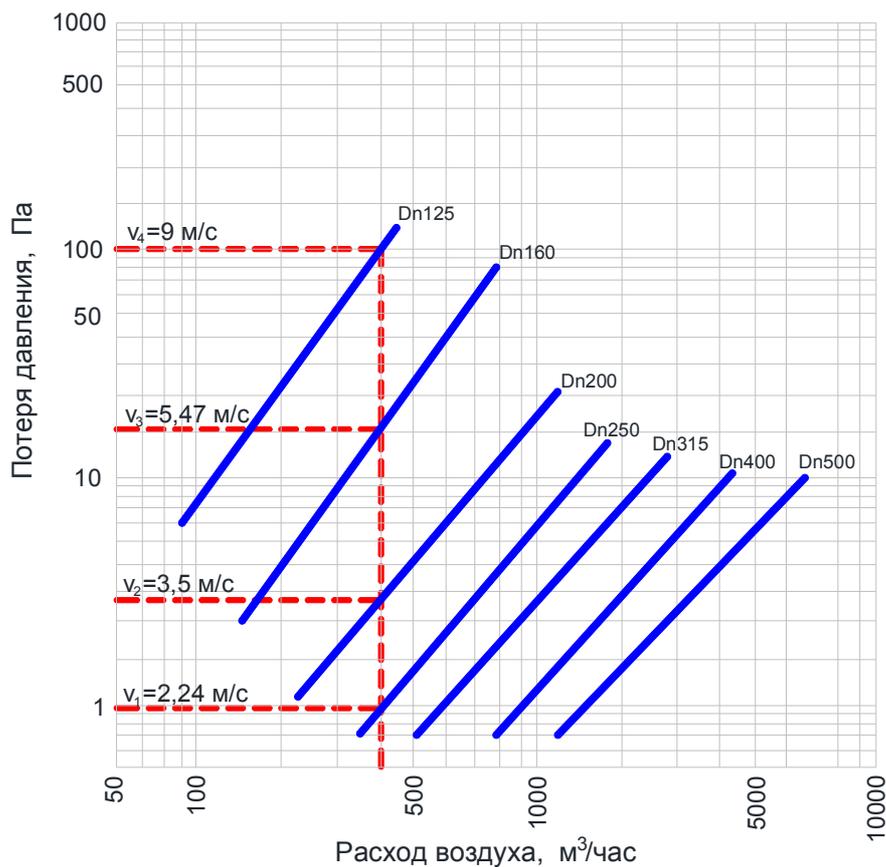


Рис.2. Потеря давления на регуляторе RVP-R системы VAV (Variable Air Volume) при полностью открытой дроссельной заслонке

Анализ графика (рис.2) свидетельствует, что при одном и том же расходе воздуха и разных диаметрах воздуховода на регуляторе будут возникать разные потери давления. Так, например, при расходе воздуха $L=400 \text{ м}^3/\text{час}$ и диаметре $Dn=250 \text{ мм}$, при полностью открытой дроссельной заслонке потеря давления составляет $\Delta P \approx 1 \text{ Па}$, а при $Dn=125 \text{ мм}$, потеря давления составляет $\Delta P \approx 100 \text{ Па}$. То есть, при отсутствии процесса регулирования (регулятор полностью открыт), ненужные потери давления на аэродинамическом участке с установленным регулятором, оказывают влияние на остальные участки аэродинамической системы. Это создает негативные условия как при настройке системы на оптимальные рабочие режимы, так и ее дальнейшей эксплуатации.

Широкое распространение нашли диафрагмы регулирующие (рис. 1, ж) на вертикальных участках систем аспирации. Негативное действие ее работы сказывается при загрязнение, зацепления различного рода примесей, транспортируемых по данным системам, с регулируемой лопастью. Это разного рода пыли, аэрозоли, которые выделяются в процессе производства продукции таких отраслей как: типографий и полиграфических комплексов, бумажно-картонной индустрии, табачных компаний,

текстильной промышленности, предприятий, использующих сыпучие материалы, пищевой промышленности и др.[7,8,9].

Как видно из вышеизложенного, проблема наличия регулирующего элемента внутри регулирующего устройства (поворотные створки, называемые угловатыми телами или неудобообтекаемыми) приводит к появлению негативной аэродинамики прохождения рабочей среды. Устранение указанных недостатков возможно решить путем вынесения регулирующего элемента изнутри регулирующего устройства на наружу с последующей его заменой на неугловатый (удобообтекаемый) регулирующий элемент.

Проанализируем аэродинамику обтекания воздухом угловатых (параллелепипед, пластина) и неугловатых (шар) тел (рис.3) [5].

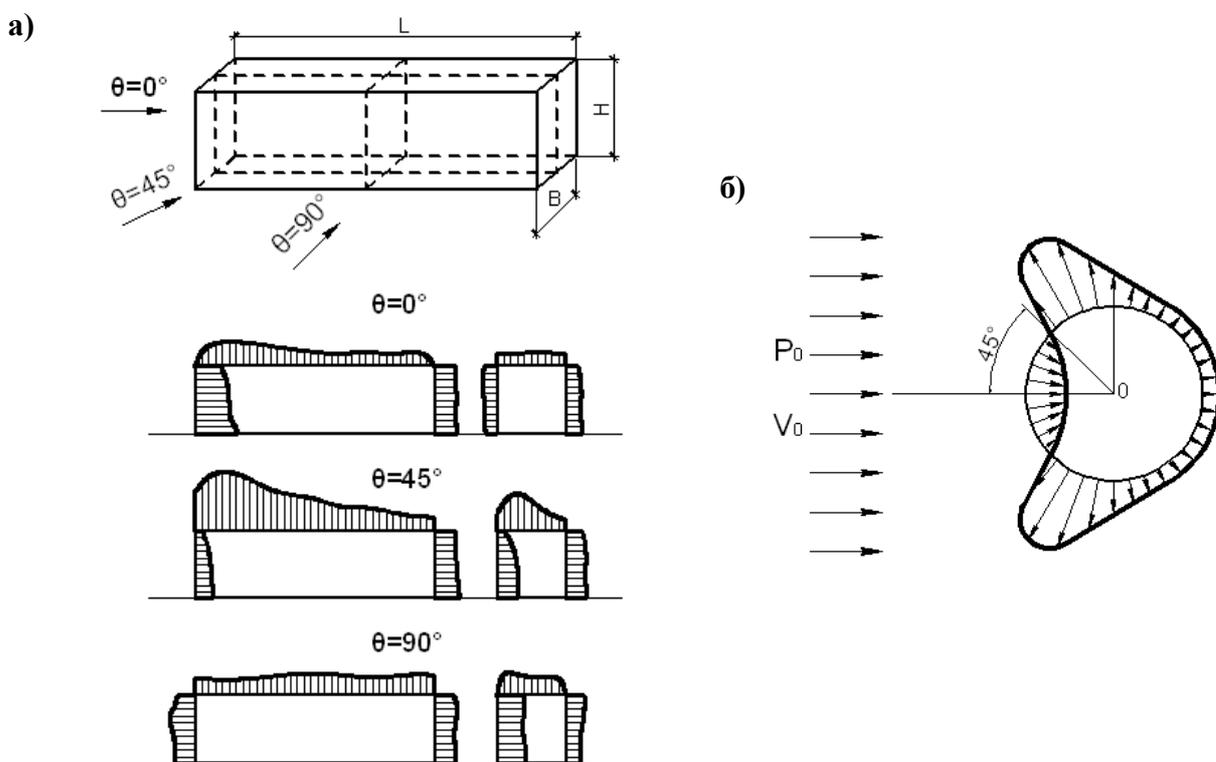


Рис.3. Эпюры аэродинамических коэффициентов на поверхности:

а) параллелепипеда; б) шара

Распределение аэродинамических коэффициентов (избыточное статическое давление, выраженного в долях скоростного давления набегающего потока [5]) по поверхности параллелепипеда осуществляется следующим образом: положительное давление наблюдается на грани, на которую набегаёт поток, остальные же грани находятся под разрежением (рис.3,а). Неравномерное, хаотичное распределение эпюр аэродинамических коэффициентов, резкая смена знака аэродинамических коэффициентов на прямоугольном параллелепипеде, которое является угловатым телом, приводит к интенсивности образования зон завихрений, потери энергии набегающего протока [5].

При обтекании шарообразного тела положительное давление распределяется на передней части шара в пределах $0 \leq \pm 45^\circ$, а на остальной части - отрицательно. Постепенный, плавный переход от положительного давления к отрицательному приводит к уменьшению интенсивности вихреобразования, то есть стабильности аэродинамической структуры потока [5].

Многочисленная перестройка скоростей и поддержание вращения вихрей требует затрат энергии при обтекании угловатых тел сопровождается большими потерями давления, чем при обтекании неугловатых (шарообразных) тел.

Механизм прохождения транспортирующих компонентов системы аспирации через диафрагму регулируемую представлен на рис.4.

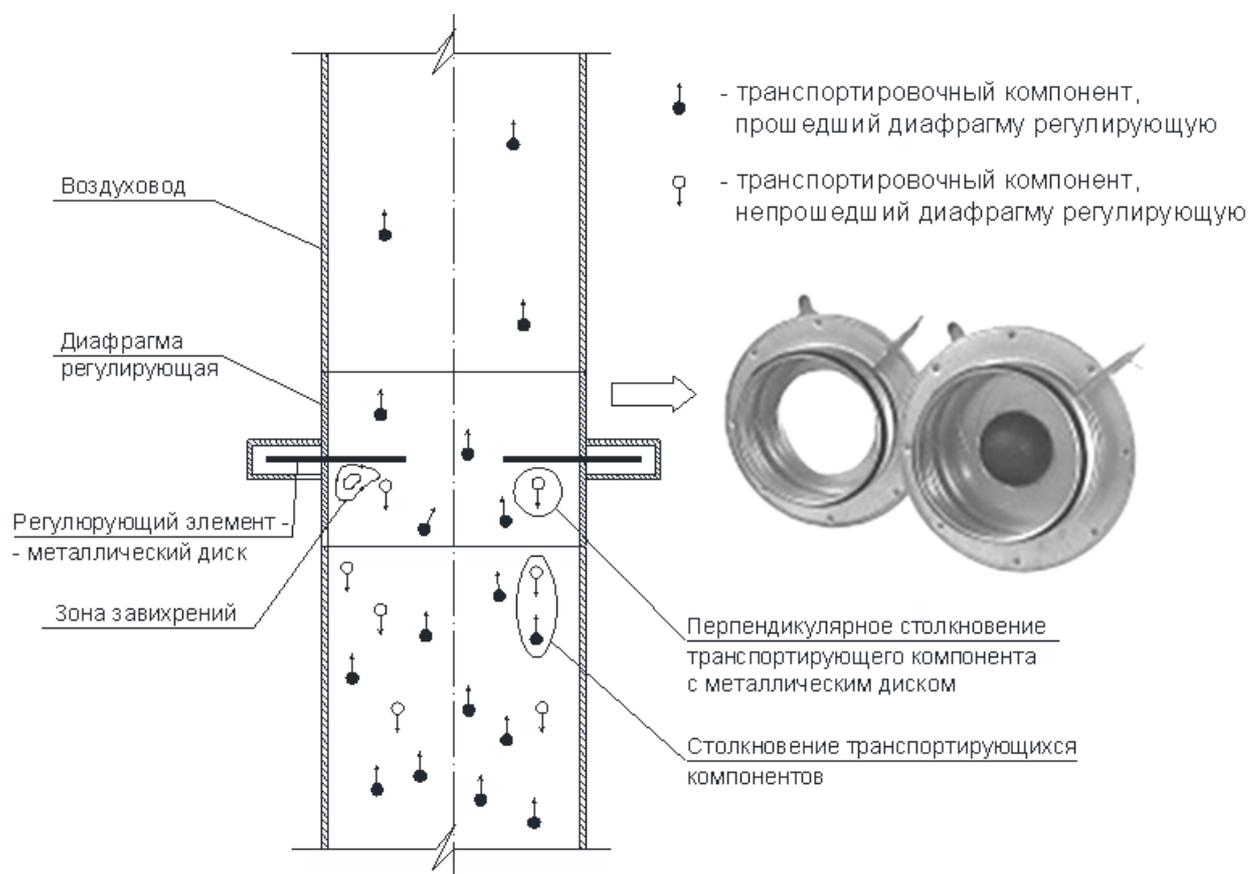


Рис.4. Механизм прохождения транспортирующих компонентов системы аспирации через диафрагму регулируемую

При осуществлении процесса регулирования, вертикальная траектория движения транспортирующих компонентов и прохождения последних через поперечное сечение подвергаются негативному воздействию вследствие наличия в диафрагме регулирующего элемента, форма которого есть неудобнообтекаемая, что вызывает ряд недостатков:

- перпендикулярные столкновения частицы с регулирующим диском;

- столкновение с другими частицами, траектория движения которых направлена вверх;
- вследствие интенсивного вихреобразования увеличивается хаотическое движение частиц в зонах завихрений.

Предложена конструкция дроссель-клапан с плавнообтекаемым регулирующим элементом, защищена патентом Украины на полезную модель [10]. Механизм прохождения транспортирующих компонентов аэродинамической системы через дроссель-клапан с плавнообтекаемым регулирующим элементом показано на рис. 5.

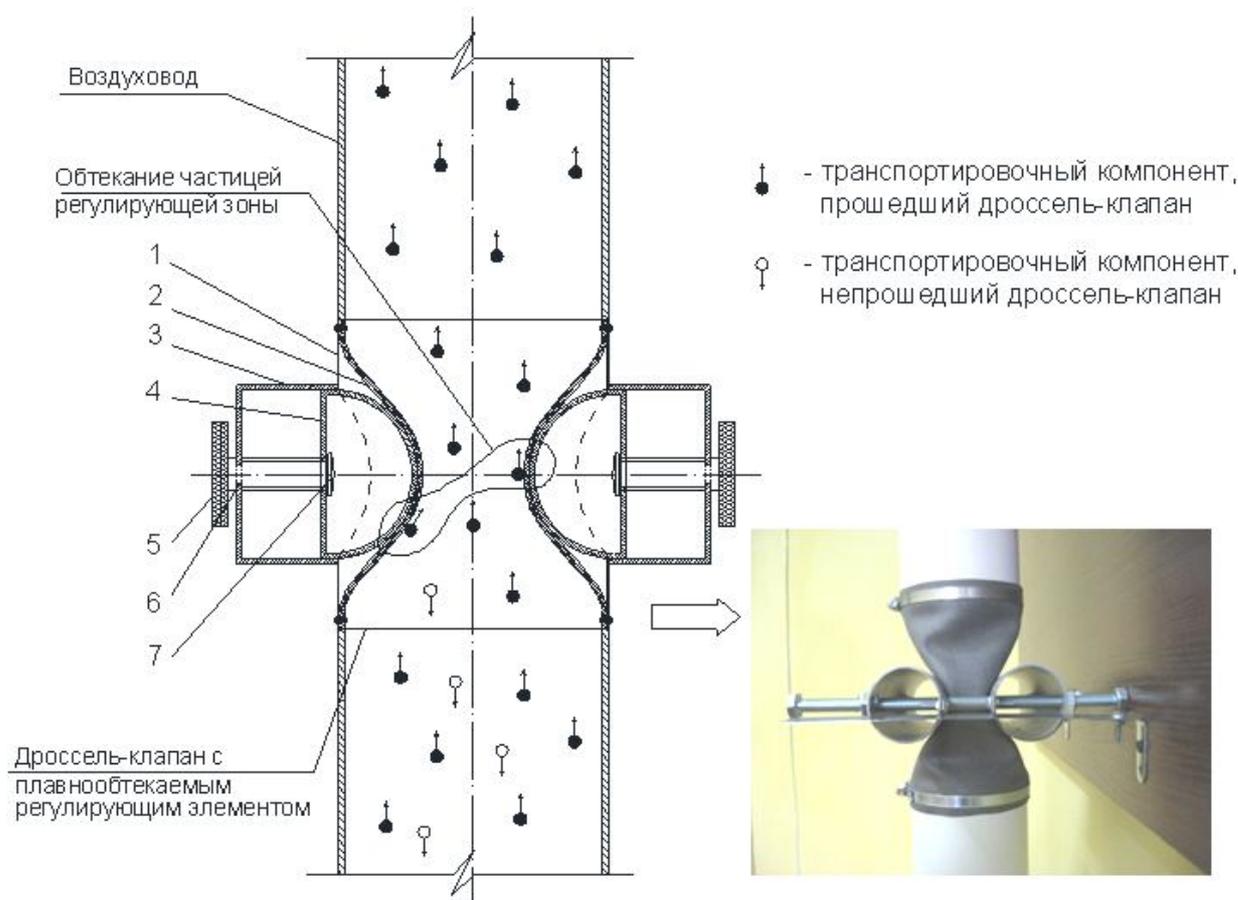


Рис.5. Механизм прохождения транспортирующих компонентов системы аспирации через дроссель-клапан с плавнообтекаемым регулирующим элементом

- 1 - корпус; 2 - эластичная растягивающая вставка; 3 - направляющий элемент;
 4 - регулирующий элемент, исполненный в виде пустотелых полусфер; 5 - регулирующие рукоятки; 6 - канавка для фиксации регулирующей рукоятки в направляющем элементе;
 7 - заглушка для фиксации (остановки движения) регулирующих элементов

В связи с отсутствием перпендикулярного препятствия траектории движения транспортирующих компонентов, наличие удобообтекаемой формы регулирующего элемента, при столкновении частицы с которым, последние по касательной проходят через поперечное сечение и транспортируются дальше по воздуховоду, что позволяет существенно уменьшить ряд недостатков при работе диафрагмы регулирующей [11].

Работу аэродинамической системы, например, системы аспирации, можно оценить показателем - *энергоемкостью*, представляющая отношение энергии, потребляемой системой, к количеству транспортируемых компонентов

$$E = \frac{E'}{G}, \quad (1)$$

где E – энергоемкость аэродинамической системы кВт.ч/кг;

E' - энергия, потребляемая аэродинамической системой, кВт.ч;

G – массовый расход транспортируемых компонентов, кг.

Проанализировав механизмы прохождения транспортируемых компонентов системы аспирации через диафрагму регулирующую и дроссель-клапан с плавнообтекаемым регулирующим элементом можно записать неравенство

$$E_{др} > E_{дк}, \quad (2)$$

где $E_{др}$ - энергоемкость аэродинамической системы с использованием диафрагмы регулирующей;

$E_{дк}$ - энергоемкость аэродинамической системы с использованием дроссель-клапана с плавнообтекаемым регулирующим элементом;

Исходя из формулы (1) и неравенства (2), конструкция дроссель-клапана с вынесенным регулирующим элементом изнутри регулирующего устройства на наружу с последующей его заменой на неугловатый (удобообтекаемый) регулирующий элемент, есть энергоэффективной.

Выводы

Регулирующее устройство аэродинамической системы, конструкция которого осуществляет влияние регулирующего элемента на рабочую среду с внешней стороны, с заменой последнего на неугловатую (удобообтекаемую) форму, обеспечивает систему стойких вихреобразований, стабильность аэродинамической структуры потока, и способствует:

– более точному, плавному регулированию расходов рабочей среды аэродинамических систем;

– использованию регулирующего устройства в системах аспирации с последующим снижением ее энергоемкости.

Литература:

1. Альтшуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости). Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп./ А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселев. – М.: Стройиздат, 1975. – 323 с.
2. Богуславский Л.Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Справ. Пособие / Богуславский Л.Д., Ливчак В.И., Титов В.П. – М.: Стройиздат, 1990. – 624 с.
3. Староверов И.Г. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть II. Вентиляция и кондиционирование воздуха / И.Г. Староверов. – М.: Стройиздат, 1977. – 502 с.
4. Щекин Р.В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Книга вторая. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Щекин Р.В., Корневский С.М., Бем Г.Е. 1976. – 352 с.
5. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции: Учеб. Пособие для вузов / В.Н. Талиев. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с., ил.
6. Системы VAV. Краткое описание. – Краков, 2009 г.
7. Донин Л.С. Справочник по вентиляции, кондиционированию и теплоснабжению предприятий пищевой промышленности / Л.С. Донин. – М.: издательство «Пищевая промышленность», 1968. – 286 с.
8. Штокман Е.А. Очистка воздуха от пыли на предприятиях пищевой промышленности. 2-е изд., перераб. и доп. / Е.А. Штокман. – М.: Агропромиздат, 1989. – 312 с.
9. Ведомственные нормы технологического проектирования свеклосахарных заводов: ВНТП 03 – 91. – М.: Гипросахпром, 1991. – 357 с.
10. Патент 33043 UA, МПК F16K 7/00, B08B 15/00. Дросельный пристрій / Степанковський Р.В., Ратушняк Г.С. - Заявл. 01.02.2008; Опубл. 10.06.2008, Бюл.№ 11 – 6 с.
11. Загузов И.С. Математические модели в аэрогидромеханике. Часть I. Учебное пособие. Изд./ И.С. Загузов, К.А. Поляков. – Самара: Самарский университет, 2001. – 88 с.