

УДК 62-531.3

05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

**АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ВОЗДУХОВОДАХ**

Кожевникова Наталья Георгиевна  
к.т.н., доцент  
e-mail: [energo-ngk@rgau-msha.ru](mailto:energo-ngk@rgau-msha.ru)

Шевкун Николай Александрович  
к.с.-х.н.  
e-mail: [energo-shevkun@rgau-msha.ru](mailto:energo-shevkun@rgau-msha.ru)

Дранный Александр Владимирович  
к.т.н.  
e-mail: [energo-dranyy@rgau-msha.ru](mailto:energo-dranyy@rgau-msha.ru)

Цымбал Александр Андреевич  
д.с.-х.н., профессор  
e-mail: [tcimbalaa@yandex.ru](mailto:tcimbalaa@yandex.ru)  
*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия*

Трубилин Евгений Иванович  
д.т.н., профессор, Ведущий специалист КРИА ДПО РИНЦ SPIN-код: 6414-8130

Коновалов Владимир Иванович  
SPIN-код 4413-4190, старший преподаватель кафедры «Процессы и машины в агробизнесе»  
mail: [konovalov.v.i@mail.ru](mailto:konovalov.v.i@mail.ru)  
*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, Россия*

Процессы движения воздушных сред в воздуховодах различной формы представляют большой интерес. Это обусловлено необходимостью повышения энергоэффективности вентиляционных систем, которая достигается различными способами, одним из которых является снижение энергопотребления вентилятора. При проектировании и монтаже вентиляционных систем необходимо чтобы подача выбранного вентилятора как можно более близко подходила к расчетным значениям. Этого можно достичь посредством согласования работы вентилятора с вентиляционной сетью. Существенными параметрами, влияющим на характеристику сети, являются аэродинамические сопротивления, представляющие собой сопротивления по длине и местные сопротивления, которые вызывают возникновение потерь напора. При этом местные сопротивления вызывают более существенные потери по сравнению с сопротивлениями по длине. В совокупности эти параметры будут оказывать свое влияние на производительность вентиляционной

UDC 62-531.3

05.20.01 Technologies and means of mechanization of agriculture (technical sciences)

**ANALYSIS OF PATTERN OF THE MAIN PARAMETERS OF THE AIR FLOW IN THE AIR DUCTS DISTRIBUTION**

Kozhevnikova Natalya Georgievna  
Cand.Tech.Sci., associate Professor  
e-mail: [energo-ngk@rgau-msha.ru](mailto:energo-ngk@rgau-msha.ru)

Shevkun Nikolay Alexandrovich  
Cand.Agr.Sci.  
e-mail: [energo-shevkun@rgau-msha.ru](mailto:energo-shevkun@rgau-msha.ru)

Dranyy Alexander Vladimirovich  
Cand.Tech.Sci.  
e-mail: [energo-dranyy@rgau-msha.ru](mailto:energo-dranyy@rgau-msha.ru)

Tsymbal Alexander Andreevich  
Doctor of Agricultural Sciences, Professor  
e-mail: [tcimbalaa@yandex.ru](mailto:tcimbalaa@yandex.ru)  
*Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy — Moscow: RSAU-MTAA, Moscow, Russia*

Trubilin Evgeny Ivanovich  
Dr.Sci.Tech., Professor, Leading specialist of KRIA RSCI SPIN-code: 6414-8130

Konovalov Vladimir Ivanovich  
senior lecturer of the department "Processes and machines in agribusiness"  
RSCI SPIN-code: 4413-4190  
mail: [konovalov.v.i@mail.ru](mailto:konovalov.v.i@mail.ru)  
*"Kuban state agrarian University", Krasnodar, Russia*

The processes of air movement in air ducts of various shapes are of interest. This is due to the need to improve the energy efficiency of ventilation systems, which is achieved in various ways, one of which is to reduce the energy consumption of the fan. During designing and installing ventilation systems, it is necessary that the flow rate of the selected fan is as close as possible to the design values. This can be achieved by coordinating the operation of the fan with the ventilation network. Significant parameters affecting the performance of the network are aerodynamic resistances, which are resistances along the length and local resistances that cause the occurrence of head losses. In this case, local resistances cause more significant losses compared to resistances along the length. Together, these parameters will influence the performance of the ventilation system and, accordingly, on energy efficiency. The article compares the experimental data about the air flow's effect on the characteristics of resistances providing the occurrence of additional pressure losses along the length of the air duct

системы и, соответственно, на энергоэффективность. В работе проведено сравнение экспериментальных данных о влиянии на характеристики воздушного потока сопротивлений, обеспечивающих возникновение дополнительных потерь напора по длине воздуховода

Ключевые слова: ВОЗДУХОВОД, ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА, ДАВЛЕНИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА, ТУРБУЛЕНТНОСТЬ, ТРУБКА ПИТО

Keywords: AIR DUCT, AIRFLOW PARAMETERS, AIRFLOW PRESSURE, TURBULENCE, PITOT'S TUBE

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-161-022>

Целью проведенных исследований было экспериментальное определение и анализ основных параметров воздушного потока в воздуховодах при наличии в трубе искусственных препятствий, обеспечивающих возникновение дополнительных потерь напора по длине и без них.

В качестве искусственных препятствий, обеспечивающих дополнительные потери по длине, использовались: профиль 57 x 28 мм, труба диаметром 25 мм, их сочетание, а также воздуховод без препятствий как контрольный вариант (рис.1).

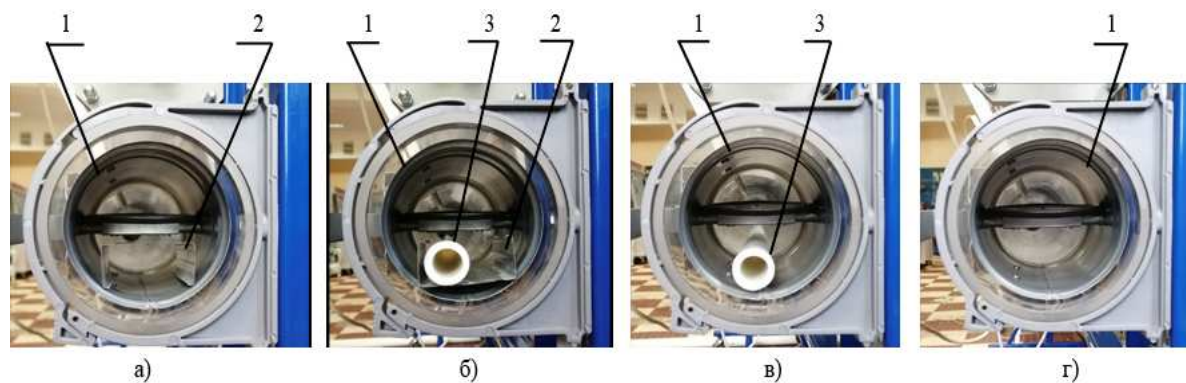


Рисунок 1 - Исследуемые искусственные препятствия:

*а)* – профиль, *б)* – профиль с трубой, *в)* – труба, *г)* – свободный воздуховод

1 – воздуховод, 2 – профиль, 3 – труба

Изучение характера распределения основных параметров воздушного потока по длине воздуховода проводились на стенде ОГД-10-13ЛР-01, оснащенного вентилятором, воздуховодом, представляющим собой про-

зрачную трубу диаметром 100 мм, и контрольно-измерительными приборами. На начальном участке воздуховода, после вентилятора, установлен рассекатель.

Опыты проводились в лабораторных условиях. Температура окружающего воздуха  $20,3^{\circ}\text{C}$ , барометрическое давление 744 мм рт.ст., влажность воздуха 46,37 %.

Замер температуры воздуха осуществлялся с помощью термоэлектрического преобразователя со вторичным прибором индикатором. Давление измерялось с помощью дифференциальных датчиков давления и датчиков избыточного давления с цифровой индикацией показаний. Расход воздуха определяли по скоростному напору, измеряемому с помощью трубок Пито, установленных в начале и конце исследуемой трубы на расстоянии 1000 мм друг от друга, и дифференциальных датчиков давления, а также с помощью стандартных измерительных устройств. Частота вращения вентилятора составляла 40 об/мин.

На основании общепринятых методик была проведена серия опытов по измерению давления на начальном и конечном участках трубопровода в различных точках его поперечного сечения [2, 3].

В процессе экспериментов посредством трубок Пито измерялись величины статического и динамического давлений по поперечному сечению трубопровода с шагом 10 мм в диапазоне от «-15» до «+30» мм относительно центра сечения трубы. Поскольку в нижней части воздуховода располагались искусственные препятствия, обеспечивающих возникновение дополнительных потерь напора по длине, низшие точки установки трубок Пито относительно центра воздуховода составляли «- 15 мм». Величины статических давлений, в первом и втором сечениях находились в диапазоне от 70 до 139 Па, а динамических – от 80 до 130 Па.

Расход воздуха в серии опытов был определен по формуле (1) и в среднем составлял 0,075 до 0,1 м<sup>3</sup>/с, где минимальное значение соответ-

ствует воздуховоду с профилем, а максимальное значение для «свободного» воздуховода:

$$Q = v\omega = \sqrt{\frac{2p_{дин}}{0,95\rho}}\omega, \quad (1)$$

где  $v$  – скорость воздушного потока, м/с;

$\omega$  – площадь воздуховода, м<sup>2</sup>;

$p_{дин}$  – динамическое давление в сечении, Па;

$\rho$  – действительная плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

0,95 – коэффициент восстановления трубки Пито.

Плотность воздуха определялась по формуле:

$$\rho = \rho_n \frac{pT_0}{p_0T},$$

где  $\rho_n$  – плотность воздуха при нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>;

$p_0$  – атмосферное давление при нормальных условиях, Па;

$p$  – атмосферное давление при проведении опытов, Па;

$T_0$  – температура воздуха при нормальных условиях, К;

$T$  – температура воздуха при испытаниях, К [4].

По полученным данным были построены эпюры распределения статического  $p_{ст}$  (рис. 2) и динамического  $p_{дин}$  (рис. 3) давлений в поперечных сечениях в начале и конце воздуховода.

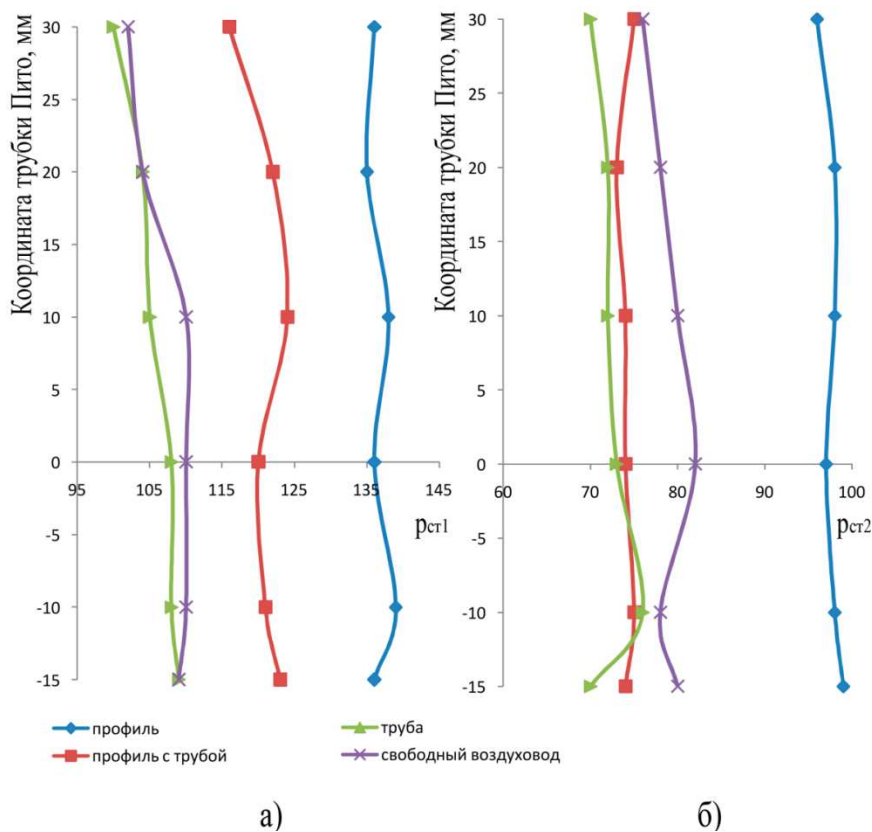


Рисунок 2 – Эпюры распределения статического давления:

а) – в первом сечении; б) – во втором сечении

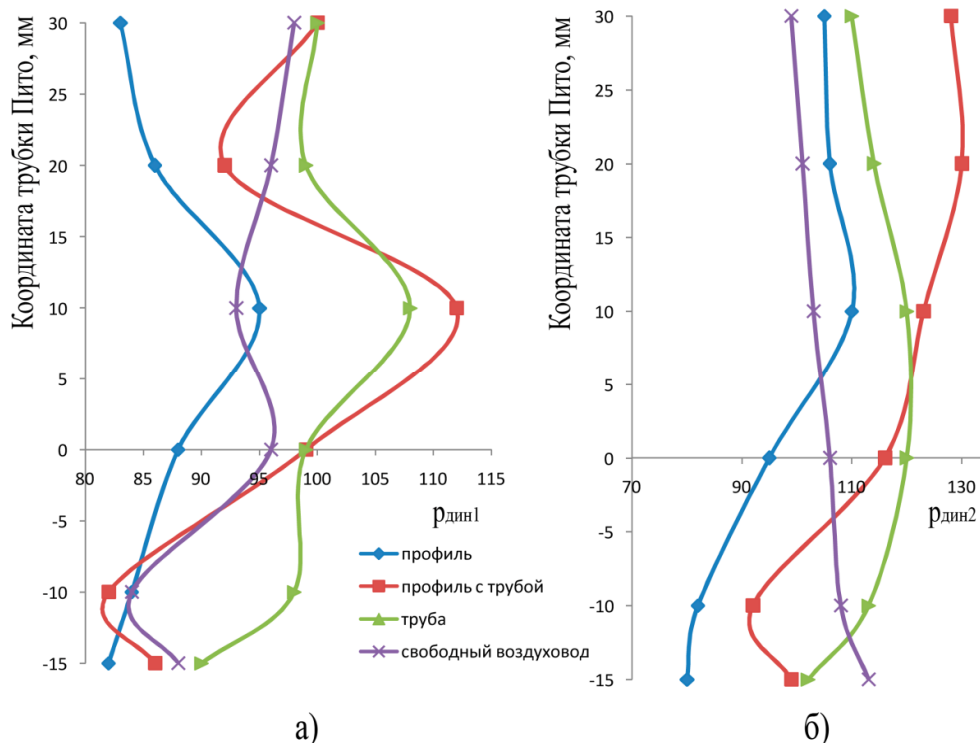


Рисунок 3 – Эпюры распределения динамического давления:

а) – в первом сечении; б) – во втором сечении

По представленным результатам, было рассчитано полное давление в данных сечениях по формуле (2):

$$P_{\Sigma} = P_{дин} + P_{ст} . \quad (2)$$

Значения полных давлений, в первом и втором сечениях находились в диапазоне от 172 до 236 Па. На основании этих данных были построены эпюры полных давлений в соответствующих сечениях представленные на рисунке 4

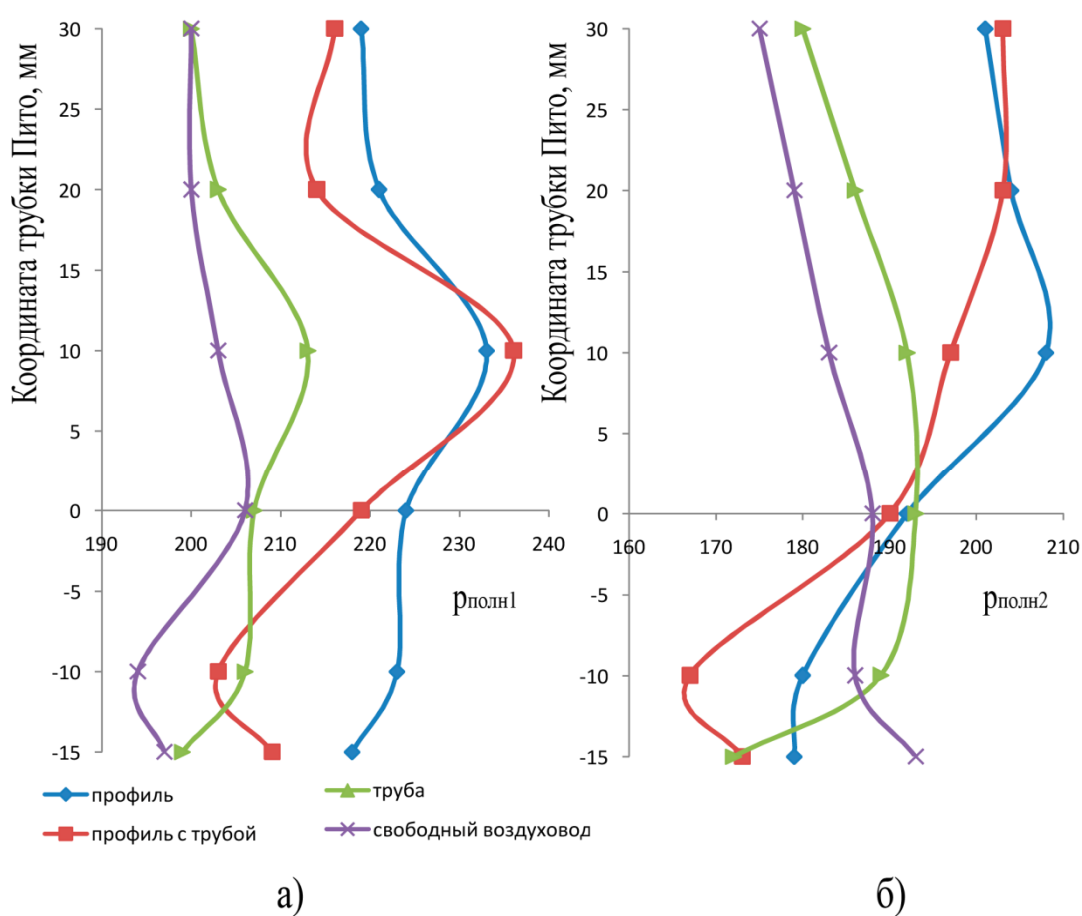


Рисунок 4 – Эпюры распределения полного давления:

а) – в первом сечении; б) – во втором сечении

### Выводы

Сравнение эпюр полных давлений в первом и втором сечениях позволяет сделать вывод о том, что наличие искусственных сопротивлений в

нижней части воздуховода оказывает существенное влияние на характер распределения давления по поперечному сечению воздуховода.

Анализ эпюр полных давлений в первом и втором сечениях показывает, что во втором сечении по отношению к первому в соответствующих точках распределение полного давления носит более плавный характер, снижается влияние турбулентности, что объясняется стабилизацией воздушного потока на большем удалении от вентилятора с рассекателем.

Сравнивая эпюры полных давлений при наличии сопротивлений и без них можно сделать вывод о том, что наибольшее значение потерь полного давления вызывает наличие сопротивления более сложной формы (в виде профиля с трубой), далее по мере уменьшения потерь давления идут профиль, затем труба. Такой характер распределения проявляется как в первом, так и во втором сечениях.

Особый интерес вызывает препятствие в виде круглой трубы. При его размещении характер изменения полного давления существенно отличается от остальных видов препятствий и от распределения давления в «свободном» воздуховоде.

Анализ полученных результатов свидетельствует о достаточно сложных нелинейных процессах, протекающих в воздуховодах, содержащих искусственные препятствия, требующих более глубоких и детальных исследований.

#### Список литературы

1. Давление в воздуховоде – измерение и расчет потерь / ООО «Компания РСВ» - Москва, 2020 - URL: <https://rsvgroup.ru/ventilyatsiya/davlenie-v-vozduhovode-izmerenie-i-raschet-poter> (дата обращения: 10.03.2020). – Текст : электронный
2. Эстеркин, Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. / Р.И. Эстеркин – СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отд-ние, 1991. – 304 с.: ил.
3. Рекомендации. Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Рекомендации по испытанию и наладке систем вентиляции и кондиционирования воздуха Р НОСТРОЙ 2.15.3-2011 издание официальное : утверждены Решением Совета Национального объединения строителей протокол от 05 декабря 2011 г. №22 : введены впер-

вые / разработаны Закрытым акционерным обществом «ИСЗС-Консалт». – Москва : ООО Издательство «БСТ», 2012. - с. 167

4. Караджи, В.Г. , Московко, Ю.Г. Вентиляционное оборудование. Технические рекомендации для проектировщиков и монтажников / В.Г. Караджи, Ю.Г. Московко. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2010. – 432 с.

### References

1. Davlenie v vozduhovode – izmerenie i raschet poter' / ООО «Kompanija PCV» Moskva, 2020 URL: <https://rsvgroup.ru/ventilyatsiya/davlenie-v-vozduhovode-izmerenie-i-raschet-poter> (data obrashhenija: 10.03.2020). – Tekst : jelektronnyj

2. Jesterkin, R.I. Jekspluatacija, remont, naladka i ispytanija teplotehničesko-go oborudovanija: Učebnik dlja tehnikumov. – 3-e izd., pererab. i dop. / R.I. Jesterkin – SPb.: Jenergoatomizdat, Sankt-Peterburgskoe otd-nie, 1991. – 304 s.: il.

3. Rekomendacii. Inženernye seti zdanij i sooruzhenij vnutrennie. Rekomendacii po ispytaniju i naladke sistem ventiljacii i kondicionirovanija vozduha R NOSTROJ 2.15.3-2011 izdanie oficial'noe : utverzhdeny Resheniem Soveta Nacional'nogo ob#edinenija stroitelej protokol ot 05 dekabrja 2011 g. №22 : vvedeny vper-vye / razrabotany Zakryтым акционерным обshhestvom «ISZS-Konsalt». – Moskva : ООО Izdatel'stvo «BST», 2012. s. 167

4. Karadzhi, V.G. , Moskovko, Ju.G. Ventiljacionnoe oborudovanie. Tehničeskie rekomendacii dlja proektirovshhikov i montazhnikov / V.G. Karadzhi, Ju.G. Moskovko. – M.: AVOK-PRESS, 2010. – 432 s.