

Б Е Л О Р У С С К И Й
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Инженер В.П. САВИЦКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ
ТОРФОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ПОВОРОТАХ
ТРУБОПРОВОДОВ

(Диссертация на русском языке)

Специальность 05.179 - Машины для
добычи и транспортирования торфа

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
д и с с е р т а ц и и н а
соискание учёной степени канди-
дата технических наук

М и н с к - 1 9 7 2

Работа выполнена на кафедре "Торфяные машины" Белорусского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института.

Научный руководитель - член-корреспондент АН БССР,
доктор технических наук,
профессор

Ф.А. ОПЕЙКО

Научный консультант - доктор технических наук,
профессор

А.И. БОРОХОВИЧ

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор, зав. отдела
гидротранспорта научно-
исследовательского инсти-
тута "УкрНИИГидроуголь"

Н.Е. ОФЕНГЕНДЕН

кандидат технических наук,
ст. научный сотрудник
Института Торфа АН БССР

Г.А. КУПТЕЛЬ

Ведущее предприятие - институт "Белгипроторф" МТП БССР.

Направляем Вам для ознакомления автореферат диссертации
инженера Савицкого В.П.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале научных работников Белорусского ордена Трудового Красного Знамени поли-технического института за 10 дней до защиты. О дне и времени за-щиты будет сообщено в газете "Вечерний Минск".

Отзывы в двух экземплярах просим направлять по адресу:

220027, г. Минск, Денинский проспект, 65, Белорусский поли-технический институт, учёному секретарю Совета.

Защита диссертации состоится на заседании Учёного Совета Белорусского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института

" 26 " мая 1972 г.

Дата отправки автореферата

" 25 " апреля 1972 г.

Учёный секретарь Совета,
кандидат технических
наук, доцент

И.В. КИСЛОЗ

Директивами XXIV съезда КПСС по девятому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971-75 г.г. предусматривается увеличить добычу торфа за пятилетие на 35-38%, значительно расширить производство торфяных брикетов и полубрикетов. В БССР их выработка в 1975 году достигнет 3,5 млн. тонн. За пятилетие будет построено 5 торфобрикетных заводов, типовые проекты которых включают установки вентиляции производственных помещений и пневмотранспортные установки. Повышение эффективности работы установок может быть достигнуто при совершенствовании конструкций и уточнении методики расчётов.

Установки включают поворотные участки трубопроводов, сопротивляемость в которых при движении однофазной среды изучены в настоящее время достаточно полно. При движении двухфазной среды процессы менее изучены.

Отсутствие методики расчёта обуславливает установку явно завышенных мощностей для привода, что диктуется обеспечением надёжной работы.

Исследованием процессов пневматического транспортирования различных материалов в трубах занимались А.О.СПИВАКОВСКИЙ, Г.Р.КАРГ, К.И.СТРАХОВИЧ, А.М.ДЗЯДЗИО, В.Л.МАРЬЯНЧИК, И.ГАСТЕР-ШТАДТ, М.П.КАЛИНУШКИН, Г.ЗЕГЛЕР, А.Н.КРУГЛОВ, В.А.УСПЕНСКИЙ, А.И.КАРПОВ, М.Х.ДОРФМАН, Ф.Г.ЗУЕВ, Я.УРБАН, Г.Ф.КОЗОРИЗ и др.

Исследованием сопротивлений движению торфовоздушной смеси занимались Ф.А.ОПЕЙКО, С.Г.СОЛОПОВ, Л.О.ГОРЦАКАЛЯН, Н.В.КИСЛОВ, А.Б.ГОРЕНИНГЕЙН и др.

Сопротивления в плавных и сегментных отводах труб диаметрами 100 и 150 мм изучались В.М.ПОНОМАРЕВЫМ.

При перемещении в трубопроводах материалов малой концентрации используется тонколистовая сталь, и в местах поворота устанавливаются отводы сегментные или колена.

Реферируемая работа посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию сопротивлений движению воздуха и торфовоздушной смеси в поворотах трубопроводов. Изучались зависимости потерь давлений от относительного радиуса изгиба и угла поворота, концентрации аэросмеси и критерия Фруда, изучались потери давлений в прямолинейных участках трубопроводов. Исследования проведены при минимально возможных скоростях транспортирования, ограничиваемых опасностью завалов в трубопроводах. Известно, что такие условия обеспечивают наиболее экономичный режим работы пневмоустановок.

Исходя из анализа потерь давления в закруглениях предложена конструкция колена переменного радиуса поворота. Колено состоит из двух крайних секторов с малым радиусом изгиба и нескольких центральных секторов с большим радиусом.

Предлагаемая конструкция обеспечивает уменьшение сопротивлений движению многофазных сред в сегментных отводах.

Выводы, сделанные в работе, могут быть использованы для расчёта потерь давлений в изогнутых участках трубопроводов вентиляционных установок и пневмотранспортных по перемещению фрезерного торфа. Колена переменного радиуса поворота применены в системах обеспыливания прессов торфобрикетных заводов "Витебское" и "Туршовка".

Диссертация представлена в объёме 184 страниц машинописного текста и состоит из введения, четырёх глав, выводов, литературы и приложения.

В тексте приведено 41 таблица и 44 иллюстрации.

Список использованной литературы включает 139 работ отечественных и зарубежных учёных.

Первая глава посвящена анализу теоретических и экспериментальных работ по изучению потерь давлений в поворотной части тру -

оборотов при движении однофазной и двухфазной сред.

При движении однофазной среды на повороте происходит её деформация, максимум скоростей перемещается к внутренней стенке, на внешней стенке увеличивается давление и вследствие резкого уменьшения скорости образуется вихревая зона. В закруглении возникает парный вихрь. После прохождения жидкостью середины изгиба возникает вихревая зона у внутренней стенки и максимум скоростей смещается к внешней стенке при выполнении условия неразрывности потока. Таким образом, в первой половине поворота распределение скоростей происходит по гиперболическому закону, а во второй половине — по закону вращения твёрдого тела. На прямолинейном участке за поворотом восстанавливается первоначальная скорость, бывшая до входа в закругление и утихает поперечная циркуляция.

В литературе анализируются следующие основные параметры, влияющие на сопротивления: относительный радиус изгиба, угол поворота, диаметр трубопровода, относительная шероховатость его стенок, режим движения, длина прямолинейных участков перед и за поворотом, условия входа или "история потока", характер распределения скоростей и давлений. Наиболее полно освещены в работах первые два параметра. Остальные или вообще не учитываются при расчётах коэффициентов местных сопротивлений, или приводятся не полностью, что обуславливает большую разницу в величинах рекомендуемых коэффициентов для расчёта потерь давлений. Наиболее полные данные привёл И.Е. ИДЕЛЬЧИК. Однако, они недостаточны для расчёта сопротивлений сегментных отводов, которые применяются в трубопроводах, изготовленных из тонколистовой стали. Влияние характера входа жидкости в поворот рассмотрено в работах Д.Л. ЯРИЗЛЯ, А.Д. АЛЬТШУЛЯ, И.Е. ИДЕЛЬЧИКА, В.Н. КАРЕВА. Оказывается, что сопротивление движению жидкости в повороте трубопровода может изменяться в больших пределах в зависимости от того, каков профиль скоростей наблюдается при входе в поворот. Минимальное со -

противление получается при входе в отвод потока со смещённой к внешней стороне максимальной скоростью. Наоборот, при смещении максимальной скорости к внутренней стенке сопротивление увеличивается до 4-х раз по сравнению с входом жидкости, имеющей равномерный профиль скоростей. Этим объясняется полученный впервые Ю. ВЕЙСБАХОМ эффект зависимости суммарного сопротивления двух поворотов от относительной длины прямолинейного соединительного участка трубопровода. С уменьшением длины уменьшается суммарное сопротивление. При увеличении длины более длины влияния поворота суммарное сопротивление остаётся постоянным и равным арифметической сумме из сопротивлений двух поворотов.

И т а к, потери давления, вызванные изгибом потока, определяются потерями собственно в повороте и потерями на участке стабилизации деформированного при проходе поворота потока.

При движении двухфазной среды изменяется характер распределения скоростей и давлений. На закруглении преобладают центробежные силы инерции твёрдых частиц, которые прижимают их к внешней стенке и частицы движутся вдоль неё, теряя при этом первоначальную скорость входа; возникает интенсивная сепарация частиц из воздушного потока, трение частиц друг о друга. При выходе из поворота на участке становления частицы приобретают первоначальную скорость, на что затрачивается большое количество энергии. Сопротивление зависит от аэродинамических свойств транспортируемого материала.

Большинство исследований потерь давлений в поворотных участках труб выполнено при транспортировании зерна и продуктов его переработки (К.И. СТРАХОВИЧ, Ф.Г. ЗУЕВ, Г. ЗЕГЛЕР, М.Х. ДОРФМАН). Для других материалов, например, уголь, песок, горох выполнены исследования В.А. УСОВСКИМ, А.И. КАРПОВЫМ.

Вторая глава диссертации посвящена описанию экспериментальной установки и разработке методики проведения опытов.

Исследовались сопротивления в сегментных отводах для углов поворота воздушного потока на 90° и 120° . Колена изготовлены из секций с центральным углом 18° . Относительные радиусы закругления были $R/d = 0; 1,0; 1,5; 2,5; 3,5$. Колена пониженного сопротивления исследовались с условными относительными радиусами поворота $R_{усл}/d = 1,5; 2,0; 2,5; 3,0$. Суммарный центральный угол составлял 90° .

При движении аэросмеси применялся фрезерный торф верхового типа, сосновый, со степенью разложения $30 + 35\%$. Объёмный насыпной вес торфа порядка 340 кгс/м^3 . Фракционный состав торфа следующий: содержание частиц в процентах к общему весу пробы - частицы менее $0,25 \text{ мм}$ - $30+40\%$; $0,25 - 0,50 \text{ мм}$ - $20+25\%$; $0,5 - 1,0 \text{ мм}$ - $10+15\%$; $1,0 - 2,0 \text{ мм}$ - $20+10\%$; более $2,0 \text{ мм}$ - $20+10\%$. Влажность торфа находилась в пределах $20+25\%$.

Экспериментальная установка для проведения исследований включала вентилятор ВВД-8 с приводом, циклон, бункер, шлюзовый затвор с приводом, трубопровод с прямолинейными и поворотными участками. На прямолинейном участке трубопровода установлена целлулоидная труба для наблюдения за движением аэросмеси. Скорость воздуха определялась при помощи пневмометрической трубки, соединённой с микроманометром Прандтля. Для измерения перепадов статического давления применялись микроманометры Прандтля и ММН. При движении торфовоздушной смеси оказалось возможным измерять скорость воздушного потока специально изготовленной пневмометрической трубкой с фильтровальной капроновой тканью.

Концентрация аэросмеси находилась в пределах $0,2 + 1,1 \text{ кгс/кгс}$, скорость воздушного потока - $17 + 30 \text{ м/сек}$.

Для повышения точности расчёта коэффициентов местных сопротивлений получена формула инвариантная относительно условий проведения опытов

$$\zeta = \frac{K_1 \gamma^{-1} h_1 - K_2 K_3 h_2}{K_4^2 K_5^2 K_6 K_7 h_3}, \quad (I)$$

где $K_1 = \gamma \sin \alpha$ - коэффициент угла наклона трубки микроманометра ММН;

γ - удельный вес спирта в нормальных условиях;

h_1 - отсчёт по микроманометру ММН, измеряющему общее сопротивление движению потока;

$K_2; K_7$ - коэффициенты углов наклона трубок микроманометров Прандтля;

K_3 - отношение выпрямленной длины колена с прямыми участками к длине участка, фиксирующего потери давления на трение;

h_2 - отсчёт по микроманометру Прандтля, измеряющему общее сопротивление на прямолинейном участке трубы с установившимся движением;

K_4 - отношение максимальных скоростей в транспортном и всасывающем трубопроводах;

K_5 - тарировочный коэффициент трубки Пито во всасывающем трубопроводе;

K_6 - коэффициент средней скорости в транспортном трубопроводе;

h_3 - отсчёт по микроманометру Прандтля на входе.

Коэффициент местного сопротивления ζ определяется по формуле (I) без учёта температуры, барометрического давления, влажности воздуха и температуры спирта. Изменяются только отсчёты по микроманометрам, поэтому относительная ошибка при определении коэффициента ζ зависит лишь от длины столбика спирта в наклонной трубке манометра. При изменении угла наклона трубки постоянно поддерживалась величина отсчёта более 100мм, поэтому относительная ошибка отдельного измерения составила 2%.

При экспериментах коэффициент гидравлического сопротивления от трения по длине трубопровода определяется следующим образом

$$\lambda = K_T \frac{h_2}{h_3}, \quad (2)$$

где K_T - коэффициент, постоянный для данного режима движения, т.е. при числах Рейнольдса $Re = \text{const.}$

Значения коэффициентов ζ и λ вычислялись каждый раз во время фиксирования показаний микроманометров при помощи десятиходового крана. Из-за больших пульсаций давлений при движении торфовоздушной смеси отдельные значения коэффициентов могут значительно отличаться друг от друга, поэтому при показателе достоверности $t = 1,96$ определено потребное количество опытов.

В третьей главе изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований сопротивлений в коленах труб при движении воздушного потока.

Предварительно определены участки стабилизации потока за поворотом по профилям скоростей.

Интенсивность перемешивания жидкостей можно отождествить с интенсивностью деформаций, рассматриваемой в тензорном исчислении

$$d\epsilon_i = \sqrt{d\epsilon_{11}^2 + d\epsilon_{22}^2 + d\epsilon_{33}^2 + 2(d\epsilon_{12}^2 + d\epsilon_{23}^2 + d\epsilon_{13}^2)}, \quad (3)$$

где $\epsilon_{11}; \epsilon_{22}; \epsilon_{33}$ - деформации растяжения-сжатия в направлении осей декартовой системы координат, расположенной произвольно;

$\epsilon_{12}; \epsilon_{23}; \epsilon_{13}$ - половины углов сдвигов вокруг упомянутой системы координат.

На основании этой предпосылки руководитель настоящей работы проф. Ф.А. ОПЕЙКО получил следующую формулу для определения коэффициентов местных сопротивлений

$$\zeta = \frac{\lambda}{z} \left(\frac{\alpha R}{z} + 0,735 \frac{z}{R} \right), \quad (4)$$

где α - угол поворота;
 R - радиус поворота;
 z - радиус трубопровода.

В автомоделной области движения жидкости коэффициент ζ зависит только от величин α , z и R . Поэтому, в результате математической обработки опытных данных получена следующая формула для определения коэффициента ζ сегментных отводов с центральным углом 90°

$$\zeta = 0,074 + 0,056 \frac{d}{R}, \quad (5)$$

где d - диаметр трубопровода.

Далее рассмотрено сопротивление движению воздушного потока в коленах переменного радиуса поворота, которые выполнены следующим образом. В начале и в конце установлены сектора с малыми радиусами изгиба, а в центральной части радиус изгиба значительно увеличен и тем самым получена минимальная кривизна звеньев. Отдельно все звенья изготавливаются и устанавливаются на основании известных методов, применяемых при изготовлении колен с постоянным радиусом. Центральный угол крайних секций определяется по формуле

$$\alpha_1 = \pi z \cos \left(1 - 2\delta/d \right), \quad (6)$$

где δ - толщина стенки трубопровода.

Для изготовления центральных секций необходимо определить их радиус изгиба по формуле

$$R_2 = \frac{180R\sqrt{z} \sin \frac{\alpha_1}{2} + [\sqrt{z} - \sin(45-\alpha_1)] [360\pi \sqrt{2\delta(d-2\delta)} - 180d\pi \sin \frac{\alpha_1}{2} - \pi d(45-\alpha_1)]}{360\pi \sin(45-\alpha_1) \sin \frac{\alpha_1}{2} + [\sqrt{z} - \sin(45-\alpha_1)] 2\pi(45-\alpha_1)}, \quad (7)$$

где n - количество центральных секций, имеющих радиус поворота R_2 .

В коленах переменного радиуса поворота сопротивление зависит от характера входа жидкости в сектор, установленный в конце закругления. Оптимальное значение радиуса поворота составляет $2,0 d$ и при этом максимум скоростей смещается к внешней стенке - общее сопротивление сегментного отвода минимально.

Эмпирическая формула, дающая аналитическое выражение функции - нальной зависимости коэффициента местного сопротивления сегментных отводов пониженного сопротивления от условного относительного радиуса поворота имеет вид

$$\zeta_k = 0,19 - 0,12 R_{усл}/d + 0,3 (R_{усл}/d)^2, \quad (8)$$

где $R_{усл}$ - условный радиус поворота, взятый по данным габаритов обычных сегментных отводов, применяемых в промышленности.

При движении воздушного потока коэффициент местного сопротивления ζ_k предложенных конструкций колен оказывается меньшим на 46% по сравнению с коэффициентом обычных колен, рассчитанным по данным И.Е. ИДЕЛЬЧИКА.

В четвертой главе диссертации изложено определение потерь давлений в прямолинейных и изогнутых участках трубопроводов при движении торфовоздушной смеси малой концентрации. При движении аэросмеси возникают сопротивления от трения частиц о стенки трубопровода, трения частиц между собой, что зависит в основном от свойств транспортируемого материала и шероховатости трубопровода. Потери давления в прямолинейных участках труб определяются по формуле

$$P_{см} = (\lambda + \lambda_{кн}) \rho \frac{v_{см}^2}{d \cdot 2}, \quad (9)$$

где K_{Π} — опытный коэффициент, характеризующий свойства перемещаемого материала;
 μ — концентрация аэросмеси;
 l — длина прямолинейного участка трубопровода;
 ρ — плотность воздуха;
 $V_{см}$ — скорость движения воздушного потока, транспортирующего торф.

Определение потерь давления по формуле (9) для случая движения торфовоздушной смеси затруднено, так как величины опытного коэффициента K_{Π} значительно отличаются друг от друга при реко-
 сификации различными авторами. Поэтому в настоящей работе этот коэффициент определен экспериментально.

Величина K_{Π} уменьшается с уменьшением скорости движения воздушного потока, при этом меньше энергии затрачивается на перемещение фрезерного торфа.

В результате математической обработки опытных данных получена следующая корреляционная зависимость опытного коэффициента K_{Π} от критерия Фруда Φr ,

$$K_{\Pi} = 0,002 \Phi r - 0,02 \quad (10)$$

Критерий Фруда составлен по скорости $V_{см}$.

Доверительный интервал для истинного значения коэффициента корреляции ξ определяется с учётом преобразования Р. Фишера по формуле

$$z_{1;2} = \operatorname{arctgh} \xi \mp \frac{t}{\sqrt{n-3}} - \frac{z}{2(n-1)}, \quad (10^I)$$

где n - число опытов.

С 95% - ной доверительной вероятностью при $n = 196$ по -
лучаем

$$0,69 < Z < 0,82 .$$

При движении торфовоздушной смеси в поворотной части трубо -
провода происходит интенсивная сепарация частиц торфа, которые
имеют массу в 300 - 800 раз большую по сравнению с воздухом и
поэтому скользят под действием центробежных сил вдоль внешней
стенки поворота по всей длине дуги закругления. При этом значи-
тельно уменьшается скорость движения частиц.

Потери давления в сегментных отводах понимаются как разность
между общими потерями на закруглении и прямолинейном участке за
ним, так называемом участке разгона, и потерями на трение с учё-
том выпрямленной длины отвода и длины участка разгона. Получают-
ся так называемые потери "на чистый изгиб", которые зависят в
большей мере от затрат энергии воздушного потока на восстановле-
ние потерянной в отводе скорости. Доля потерь на разгон возраста-
ет с уменьшением относительного радиуса поворота трубы.

Ранее была пояснена конструкция сегментных отводов переменного
радиуса поворота. Для этих отводов отношение длины участка
закругления с большой кривизной к длине общего разгонного участ -
ка составляет порядка 3%. На основании этого можно определять
потери давления "на чистый изгиб" по общепринятой формуле для оп-
ределения потерь на разгон при движении аэросмеси. Применительно
к коленам переменного радиуса поворота получаем

$$P_{cm} = \zeta_{cm} \cdot M \cdot \frac{\rho V_{cm}^2}{2}, \quad (II)$$

где ζ_{cm} - коэффициент местного сопротивления сегментного
отвода при движении аэросмеси.

Получено для данного сегментного отвода переменного радиуса поворота и данного перемещаемого материала, что коэффициент $\zeta_{см}$ не зависит от скорости движения воздушного потока, критерия Фруда и концентрации аэросмеси. Этим подтверждается правильность выбора формулы (II) для расчёта потерь давления при движении торфовоздушной смеси в коленах. Коэффициент $\zeta_{см}$ для данного центрального угла отвода зависит только от относительного радиуса поворота трубопровода и может определяться по формуле

$$\zeta_{см} = 1,06 + 0,14 R_{усл}/d - 0,04 (R_{усл}/d)^2 \quad (12)$$

Коэффициент изменчивости при определении $\zeta_{см}$ составлял (15 + 20) %. Выполнение расчётного количества экспериментов обеспечило показатель точности (2,1 + 2,9) % при вероятности 0,95. Значение $\zeta_{см}$ на 35% меньше значений $\zeta_{см}$ обычных колен.

КРАТКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Сопротивление при движении однофазной среды в сегментном отводе зависит от большого количества факторов. Наименее изучено влияние характера входа потока в поворот, хотя величина сопротивления при этом может изменяться в 4 раза в зависимости от смещения максимальной скорости к внешней или внутренней стенке закругления. Минимальное сопротивление получается при смещении к внешней стенке.

2. При проведении экспериментальных исследований для расчёта коэффициентов сопротивлений ζ и λ предложены уравнения (I) и (2).

3. Коэффициент местного сопротивления сегментных отводов с постоянным радиусом поворота предлагается определять при движении воздушного потока по формуле (5).

4. С целью снижения потерь давлений создана конструкция сег -

ментного отвода с переменным радиусом поворота. Параметры такого отвода могут быть рассчитаны по формулам (6) и (7). Коэффициент местного сопротивления рекомендуется находить по формуле (8).

5. Потери давления при движении воздушного потока в сегментных отводах переменного радиуса поворота с условным $R_{усл} = (2,0 + 2,5) d$ оказываются на 46% меньше потерь давлений, возникающих в сегментных отводах с постоянным радиусом $R = 5d$, применяемых в настоящее время в промышленности.

В то же время коэффициент сопротивления колен с постоянным радиусом поворота $R = 5d$ оказывается минимальным по сравнению, например, с коленами больших радиусов изгиба $R = (10 + 15) d$.

Учитывая эти положения, рекомендуется применять колена переменного радиуса поворота в установках при движении однофазной среды, которые применяются в различных отраслях промышленности. Одновременно с уменьшением потерь давлений улучшается монтаж и демонтаж установок, увеличивается коэффициент использования производственных помещений.

6. При движении торфовоздушной смеси значительные потери давления возникают на разгонном участке, поэтому суммарный коэффициент сопротивления двух поворотов зависит от длины этого участка. При уменьшении длины до значений меньших, чем длина трубопровода, обеспечивающая наступление установившегося движения, суммарное сопротивление двух поворотов уменьшается. Этот эффект использован при создании конструкции сегментного отвода пониженного сопротивления перемещению многофазных сред.

7. Коэффициент местного сопротивления $\zeta_{см}$ при движении торфовоздушной смеси в сегментных отводах характеризует свойства перемещаемого материала, конструкции поворота и зависит от относительного радиуса закругления. Коэффициент $\zeta_{см}$ не зависит от

концентрации материала, скорости транспортирования.

8. Рекомендуется для вычисления коэффициента местного сопротивления $\zeta_{\text{ем}}$ сегментных отводов переменного радиуса поворота эмпирическая формула (12). Потери давления при движении торфо-воздушной смеси рекомендуется определять по формуле (11).

9. Минимально допустимая скорость транспортирования фрезерного торфа без завалов в трубопроводах получена равной $V_{\text{см}} = 17$ м/сек.

10. Разработанная конструкция сегментных отводов с условным радиусом поворота $R_{\text{усл}} = 2,5 d$ обеспечивает для торфовоздушной смеси меньшие потери давления по сравнению с потерями в сегментных отводах с постоянным радиусом поворота $R = 5,0 d$.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ДОЛОЖЕНЫ И ОБСУЖДЕНЫ

1. На двадцать второй научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава Белорусского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института совместно с работниками промышленности и строительства, г. Минск, 1966.

2. На IV-VIII научно-технических конференциях Могилёвского машиностроительного института совместно с работниками промышленности, г. Могилёв, 1967-1971.

3. Сообщение сделано на республиканской конференции по автоматизации и механизации производственных процессов на предприятиях Министерства торфяной промышленности (МТП) БССР, 1969.

4. На третьей всесоюзной молодёжной научно-технической конференции по вопросам развития ПТМ, ВНИИПТМАШ, г. Москва, 1971.

ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПТИМИЗОВАНЫ В
СЛЕДУЮЩИХ ИЗДАНИЯХ:

1. В. П. САВИЦКИЙ Сопротивление колен воздухопроводов. Сборник научных трудов № 2. Машино - строение и металлообработка. Минск, 1968.
2. В. П. САВИЦКИЙ Сопротивление воздуха и торфяноводушной смеси в поворотной части воздухопровода. Сборник - Материалы 1У научно-технической конференции. Минск, "Высшая школа", 1969.
3. В. П. САВИЦКИЙ Колена пониженного сопротивления перемещению многофазных сред. Сборник материалов шестой научно-технической конференции. Могилёв, 1969.

АО 00702. Подписано к печати 14.04.72 г. Формат 60 x 34 1/16.
Печ. л. 1. Зак. 966. Тир. 200. Бесплатно.

г. Могилёв, ул. Ленина, 70. Ротапечать Могилёвского машино -
строительного института.