

674
И-30
Министерство высшего и среднего специального образования БССР
Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова

На правах рукописи

Н. А. ИЕВЛЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ ОТХОДОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

Специальность 421

«Машины, оборудование и технология лесопильных
и деревообрабатывающих производств»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1969

674.05
и. 30

Министерство высшего и среднего специального
образования БССР

Прин. 1969 г.

Белорусский технологический институт
им. С.М.Кирова

На правах рукописи

1001

Н.А.ИЕВЛЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПНЕВМАТИЧЕСКОГО
ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ ОТХОДОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

Специальность 42I

"Машины, оборудование и технология лесопиль-
ных и деревообрабатывающих производств"

Автореферат

диссертации на соискание учёной
степени кандидата технических
наук

2192 ар

Москва

1969

БИБЛИОТЕКА ИТИ
ИМЕНИ С. М. КИРОВА

Работа выполнена в лаборатории лесопиления
Центрального Научно-исследовательского ин-
ститута механической обработки древесины.

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент С.Н.СВЯТКОВ

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор Таубер Б.А.
и начальник производственно-технического управ-
ления деревообработки и мебели Минлесдревпро-
ма БССР Хитрово Д.Ф.

Ведущее предприятие - Гипродрев, г. Ленинград

Автореферат разослан " _____ 1969г.

Защита состоится " _____ 1969г.

на заседании Совета БТИ им.С.М.Кирова, г. Минск,
ул.Свердлова, 13 а, корпус 4, ауд. 220.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института

Ученый секретарь Совета

/Н.И.Блинова/

В директивах XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966-1970 годы предусматривается дальнейшее повышение уровня механизации и автоматизации производственных процессов и улучшение санитарных условий труда.

При распиловке древесины на различных видах лесопильного оборудования образуется большое количество сыпучих отходов (опилки, пыль), которые, для нормального хода технологического процесса, следует немедленно удалять за пределы цеха. Своевременное и быстрое улавливание и удаление опилок и пыли от режущего инструмента положительно сказывается на создании нормальных санитарных условий труда.

Одной из актуальных задач, стоящих перед отечественным лесопилением, является выявление оптимального вида транспорта, удовлетворяющего вышеуказанным требованиям.

Используемые для этих целей скребковые транспортеры имеют ряд известных существенных недостатков.

На деревообрабатывающих предприятиях для удаления опилок, стружек и пыли широко используются установки пневматического транспорта.

Благодаря своей простоте, гибкости, надежности и созданию хороших санитарных условий труда, этот вид транспорта находит все более широкое распространение.

Пневматический транспорт, как способ перемещения сыпучих материалов, представляет собой сравнительно молодую отрасль промышленной аэродинамики. Первые попытки его применения за рубежом относятся к 80 годам прошлого столетия.

Более серьезное развитие пневматический транспорт получает после опубликования первых исследовательских работ И.Гастерштадта, а затем К.И.Страховича, П.С.Клячко, П.С.Козьмина, Зеглера, А.С.Спиваковского, С.Н.Шемякина, В.А.Успенского, С.Н.Святкова и др.

За последние годы на некоторых лесопильных предприятиях удаление сыпучих отходов осуществляется пневматическим способом. Многолетний опыт эксплуатации установок показал, что это надежный и высокопроизводительный вид транспорта. Однако, как показали обследования, выполнены они без достаточных технических обоснований и не могут служить исходными образцами для проектирования.

Это Болшевский ДСК (г.Москва), Мачто-пропиточный завод (г.Ленинград), ряд предприятий по проектам Краснодарского филиала Гипродревпрома, Деревообрабатывающий комбинат "Балтия" (г.Лиепая, Латвия), фанерный комбинат "Вулкан" (г.Кулдига, Латвия) и др.

За рубежом пневмотранспортные установки широко используются на лесопильных предприятиях. Однако имеющиеся иностранные информации содержат только рекламный характер и не представляют прямого интереса.

Пневматический транспорт широко применяется во многих отраслях народного хозяйства страны. Он позволяет автоматически улавливать и удалять сыпучие отходы в местах и во время их образования, т.е. непосредственно у режущего инструмента. Постоянный воздухообмен значительно улучшает санитарное состояние предприятий.

Пневматический транспорт создает предпосылки для полной автоматизации транспортных операций.

Постановление президиума ЦК профсоюза рабочих лесной, бумажной и деревообрабатывающей промышленности от 10 июля 1964 г. обуславливает дальнейшее расширение области применения пневматического транспорта по удалению сыпучих отходов взамен скребковых и ленточных транспортеров.

Специальных исследований, связанных с выявлением оптимальных параметров воздушного потока для транспортирования сыпучих отходов лесопиления в нашей стране не производилось, поэтому используемые значения скорости, расхода воздуха и диаметров трубопроводов для указанных целей весьма противоречивы.

Так расход воздуха Q для лесопильной рамы РД-75 по рекомендациям ведущих проектных организаций колеблется в пределах 2147-5500 м³/час.

Фактически, на исследованных нами действующих установках он составил 3600-22000 м/час. В конечном итоге это сказывается на расходе энергии. Установленная мощность двигателей составляет 7-20 квт на каждую лесопильную раму при незначительной протяженности транспортирования.

Так же противоречиво отражается в литературе характер влияния концентрации смеси на потери давления при движении воздушно-древесной смеси.

Величина опытного коэффициента "к", учитывающего потери давления при наличии материала в воздушном потоке, разными авторами предлагается различная и варьирует в широких пределах - 0,05-2,5.

Имеющиеся в литературе данные по рассмотренным вопросам пока недостаточны для обобщающих выводов и не могут служить рекомендациями для расчета и проектирования пневмотранспортных установок в лесопильных цехах. Надежная работа пневмотранспортных установок для перемещения измельченной древесины в зимнее время во многом зависит от поддержания постоянных и определенных сечений всех участков элементов систем.

Вопрос необходимости изолирования (утепления) наружных трубопроводов в литературе почти не освещен и даже имеющиеся данные носят противоречивый характер, поэтому в промышленности отсутствуют обоснованные методики расчета необходимости теплоизоляции элементов установок при известных параметрах транспортирующего воздуха, транспортируемых отходов и разности температур внутри и снаружи цеха. Поэтому постановку дальнейших теоретических и экспериментальных исследований в этом направлении с целью получения надежных зависимостей аэродинамики потока при пневматическом транспортировании сыпучих отходов лесопиления и решение вопроса о необходимости теплоизоляции элементов систем при работе в зимнее время следует считать целесообразным.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ:

1. Теоретическое и экспериментальное исследование поведения воздушно-древесной смеси в наружных элементах установок при отрицательных температурах.

Разработка рекомендаций для определения необходимости теплоизоляции элементов пневмотранспортных установок.

2. Определение оптимальных параметров воздушного потока (скорость и расход воздуха) для транспортирования опилок повышенной влажности от основного лесопильного оборудования и наиболее важных опытных коэффициентов, необходимых для расчета и проектирования пневмотранспортных установок в лесопильных цехах.

Диссертационная работа выполнена на 142 страницах машинописного текста и включает 5 основных разделов, 49 иллюстраций в виде графиков, рисунков и номограмм, выводы и рекомендации.

ОБ ИЗОЛЯЦИИ НАРУЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК

При продвижении воздушно-древесной смеси по трубопроводам (внутренним и наружным) температура смеси понижается, приближаясь к температуре наружного воздуха, а относительная влажность воздуха увеличивается до состояния полного насыщения влагой при постоянном влагосодержании. При достижении точки

росы ($\varphi = 100\%$) влагосодержание насыщенного воздуха при дальнейшем охлаждении будет уменьшаться за счет выпадения части влаги, которая может или оседать на охлаждающих поверхностях, или поглощаться древесными частицами, или транспортироваться во взвешенном состоянии.

При транспортировании измельченной древесины влажностью ниже точки насыщения волокна, она способна поглощать влагу, выделяемую из воздуха, причем при понижении температуры воздуха, и, следовательно, увеличении его относительной влажности, равновесная влажность древесины повышается, т.е. древесина приобретает дополнительную способность влагопоглощения.

Расчеты показывают, что количество выпадаемой влаги при вышеуказанных условиях значительно меньше влагопоглатительной способности древесины M и что вся влага конденсируемая в воздухе, поглощается взвешенными в ней древесными отходами и вероятность оседания влаги на стенках трубопроводов исключается.

Разработанная нами номограмма (рис. I) для определения дополнительной способности влагопоглощения 200 г. древесины, наложенная на диаграмму равновесной влажности древесины позволяет с помощью $\mathcal{J}d$ - диаграммы определить M и d в диапазоне относительной влажности воздуха $0 \div 80\%$ и температур $-40^{\circ} \div +100^{\circ} \text{C}$ при $W_g \leq 30\%$ и концентрации воздушно-древесной смеси $\mu = 0,2 \text{ кг/кг}$

Абсолютная влажность опилок получаемых после распиловки на лесопильном оборудовании по данным наших исследований составляет у лесорам первого ряда - 95%, второго - 80%

т.е. в данном случае W_g значительно больше точки насыщения волокна и при $\varphi = 100\%$ (исследования показали, что в условиях г.Архангельска относительная влажность воздуха в лесопильном цехе составляет 80%) возможно выпадение влаги, которая не будет поглощаться транспортируемыми опилками, так как они уже не обладают влагопоглощительной способностью.

Расчеты показали, что количество выпадаемой влаги зависит только от количества проходящего воздуха при прочих равных условиях, то есть от скорости воздушного потока и диаметра трубопровода.

Движение воздуха в трубах в данных условиях происходит при наличии теплообмена, с изменением температуры воздуха как по сечению, так и по длине трубы.

Распределение тепла в потоке при турбулентном режиме /при пневматическом транспорте скорости воздуха составляют 15-30 м/сек, $Re \gg 2200$, следовательно, в данном случае наблюдается турбулентный режим движения воздуха/ происходит путем перемешивания. При развитом турбулентном режиме ($Re > 10^4$) в ядре потока температура воздуха практически постоянна.

Резкое изменение температуры происходит лишь внутри ламинарного пограничного слоя, толщина которого при пневматическом транспортировании составляет $\delta \approx 0,2$ мм.

На основании многочисленных ранее проведенных опытов было найдено, что интенсивность теплообмена зависит от скорости движения воздуха, направления теплового потока, физических свойств воздуха и разности наружных и внутренних температур, которые наиболее полно учитываются уравнением:

$$Nu_z = 0,021 Re_z^{0,8} \cdot Pr_z^{0,43}$$

За определяющую температуру принимается средне логарифмическая температура воздуха t_s , а за определяющий размер - диаметр трубы d .

Количество тепла, отдаваемое потоком через стенки трубопровода и др. элементов, определяется из уравнения

$$Q = H_k \cdot K \cdot \Delta t, \quad \text{ккал/час}$$

где H_k - поверхность охлаждения, м^2 .

K - расчетный коэффициент теплопередачи, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{град. час.}$

Δt - температурный напор, $^{\circ}\text{C}$

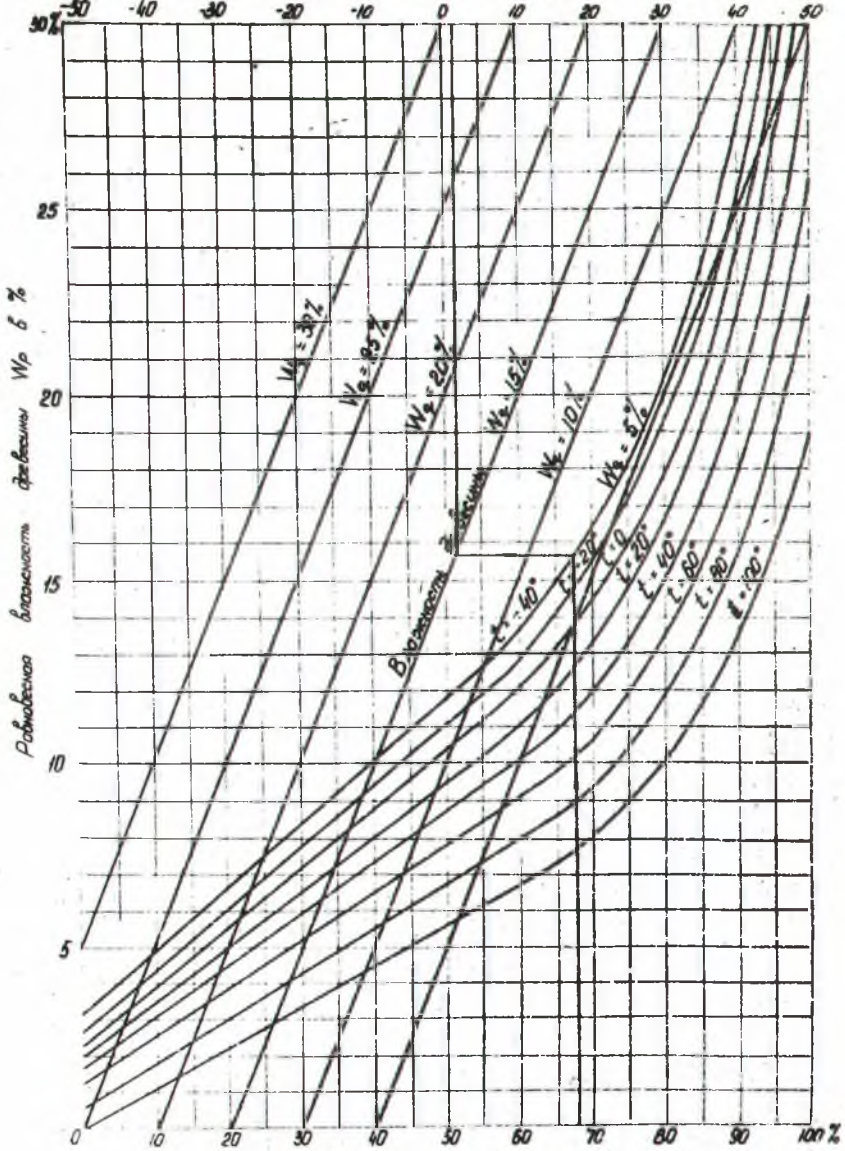
Коэффициент теплопередачи " K " зависит от коэффициента теплоотдачи воздушного потока к стенке " d_1 ", и коэффициента теплоотдачи от стенки к охлажденной среде " d_2 ".

Оба коэффициента теплоотдачи определяются в зависимости от критерия подобия Нуссельта (Nu), в первом случае - при вынужденном движении с учетом критериев подобия Рейнольдса (Re) и Прандтля (Pr), а также скорости воздуха V , температурного напора Δt и диаметра трубы d , а во втором - при свободном обтекании трубы с учетом критериев подобия Грасгофа (Gr) и Прандтля (Pr).

Так как определяющий геометрический размер при свободном обтекании входит в критерий Нуссельта в первой степени, а критерий Грасгофа в кубе, то в области закона $1/3$ степени процесс теплообмена от геометрических размеров не зависит, а полностью определяется температурным напором, то есть коэффициент " d_2 " от диаметров трубопроводов не зависит.

Полученные и представленные графически значения коэффициентов " d_1 " и " d_2 " в необходимых диапазонах температур, скорости воздуха и диаметров труб, позволили

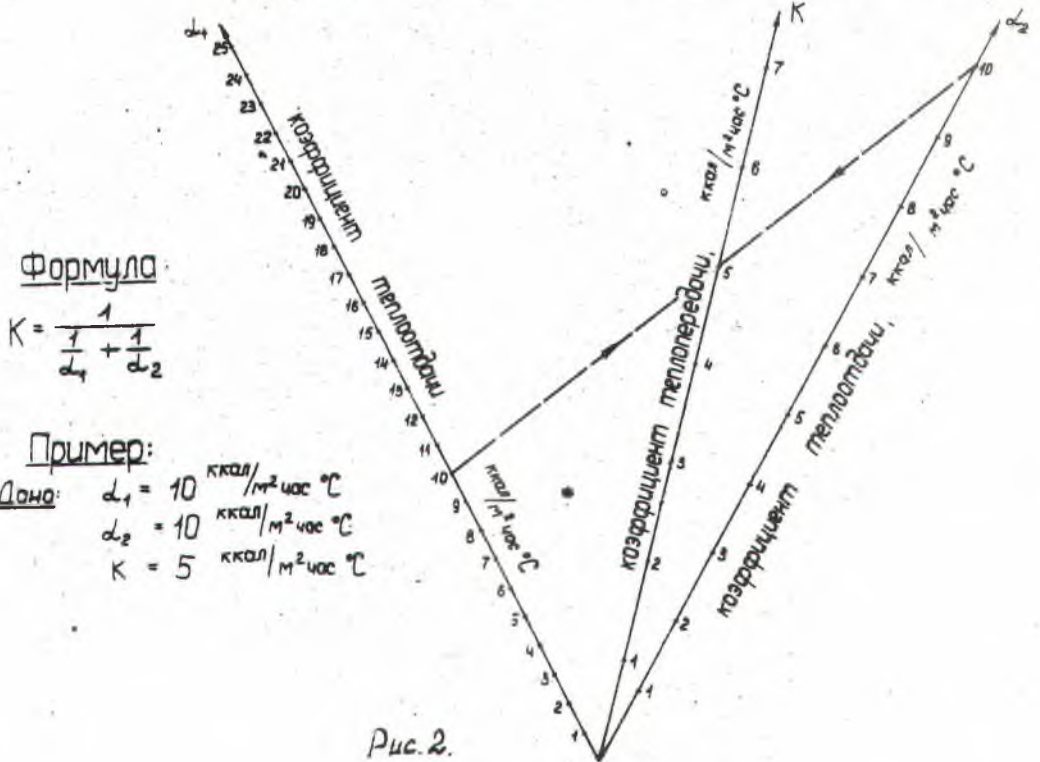
-21 Влаговолотительная способность 200 г древесины в граммах в граммах +21



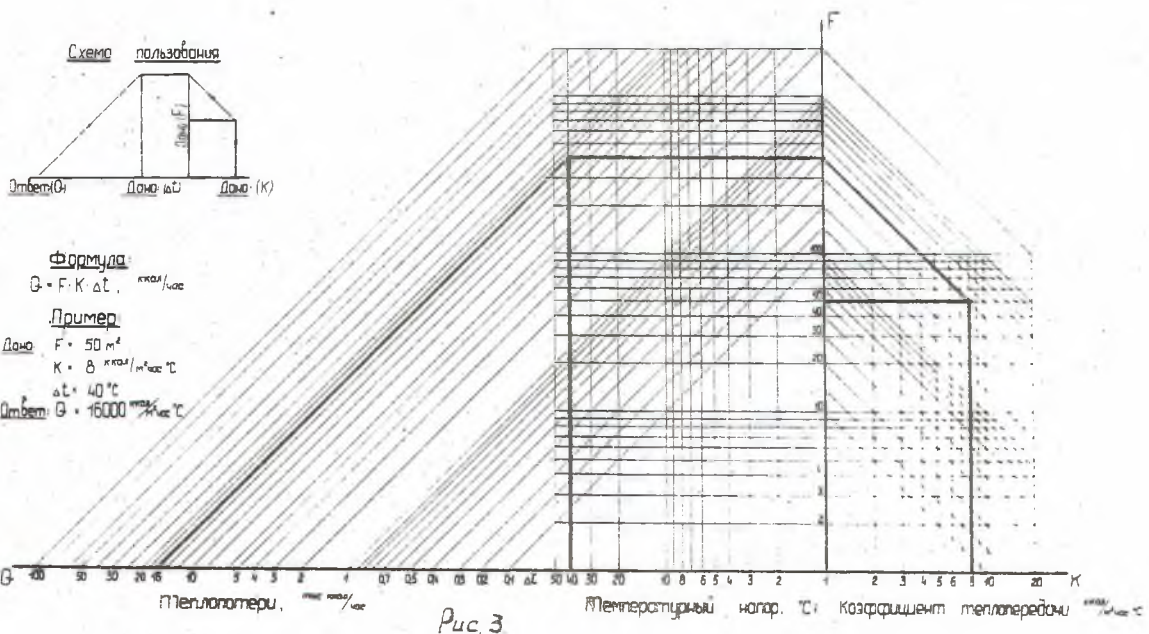
Относительная влажность воздуха ϕ в %

Рис. 1.

Номаграмма для определения коэффициента теплопередачи "K"



НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПOTЕРЬ ЭЛЕМЕНТАМИ ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК



НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВНУТРЕННЕЙ СТЕНКИ ТРУБОПРОВОДА. (Рис. 4)

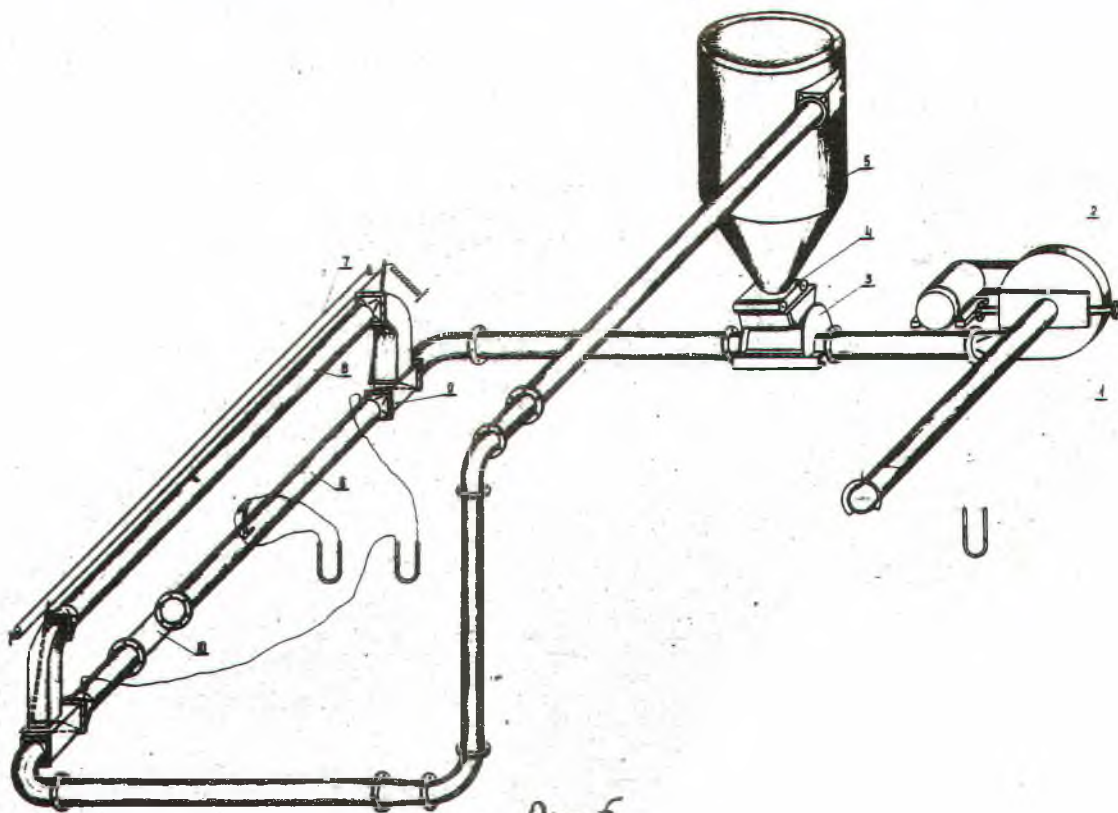
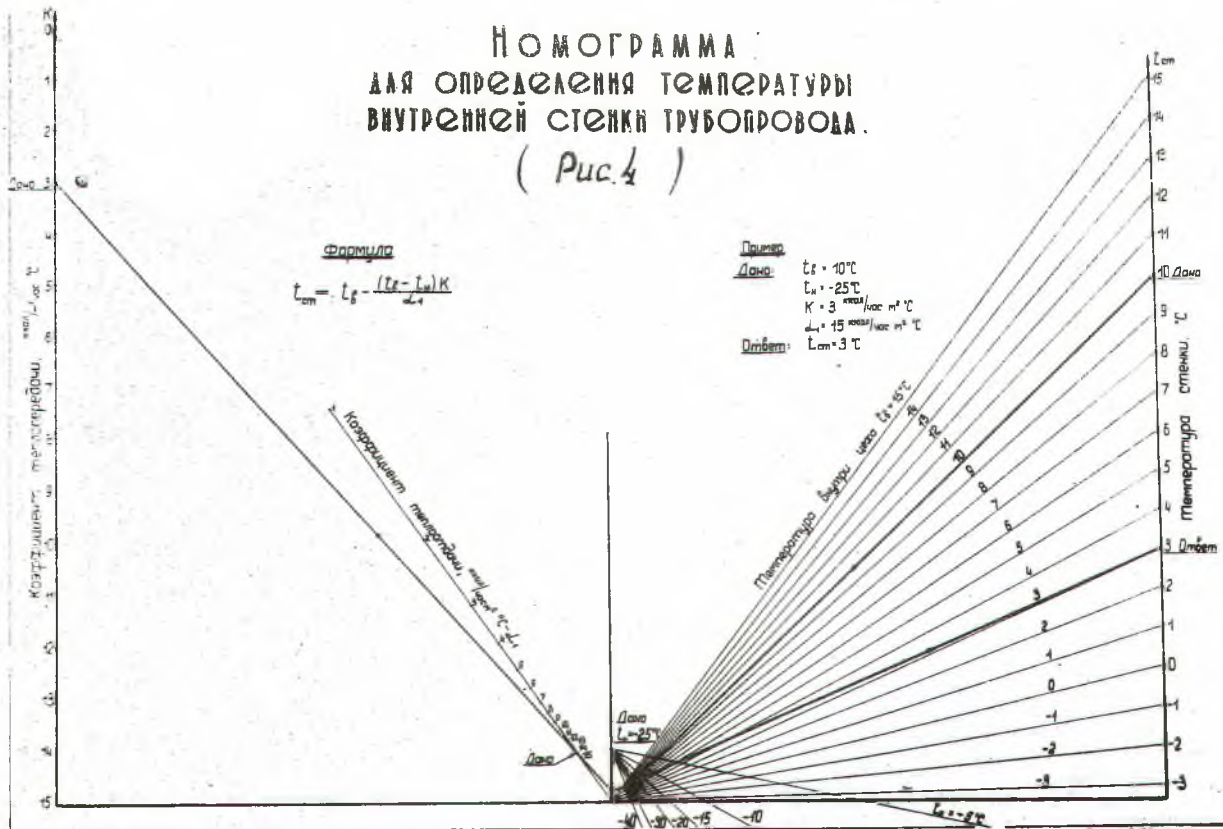
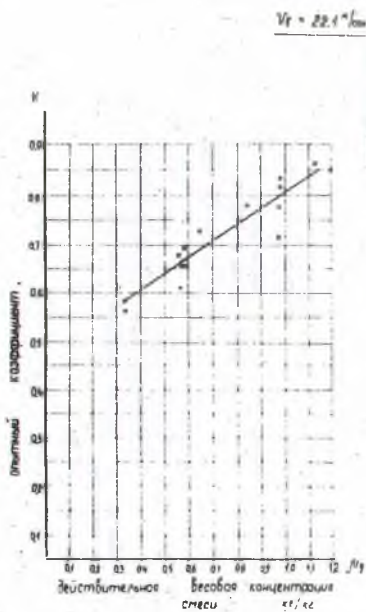
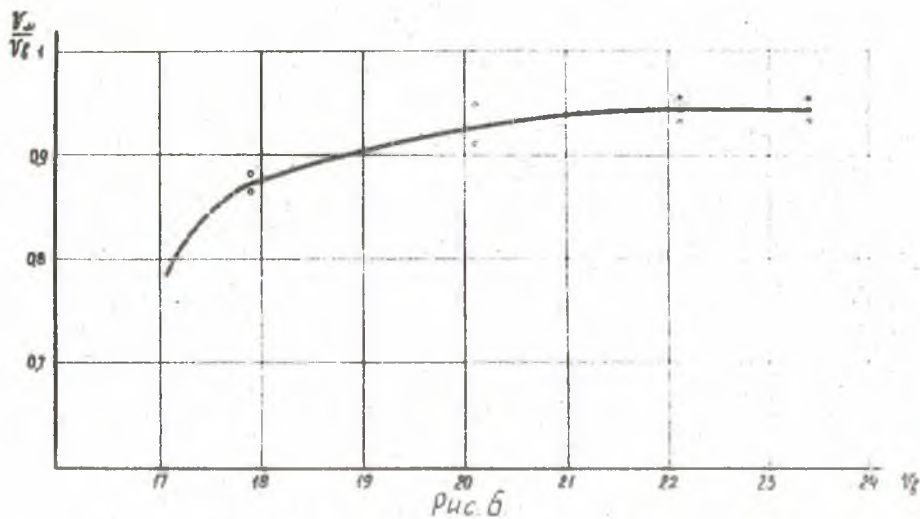


Рис. 5.



определить и номографировать значения коэффициента теплопередачи "К" (рис. 2) и общее количество тепла, отдаваемое элементами установки наружной среде (рис. 3). С помощью последней номограммы можно определить теплосодержание выходящего из системы воздуха.

Если воздух достиг предела насыщения, то произойдет выпадение влаги по всему сечению трубопровода; при $\varphi < 100\%$ выделение влаги из воздушно-древесной смеси в зоне действия транспортной скорости не произойдет. В этом случае следует рассмотреть отдельно ламинарный пограничный слой, который непосредственно связан со стенкой трубы и где скорость воздуха практически доходит до 0.

Температура внутренней стенки трубопровода определяется по уравнению

$$t_{\text{вн.ст.}} = t_{\text{вн.}} - q \frac{1}{d_1}$$

где $t_{\text{вн.ст.}}$ - температура воздуха внутри трубы, °С
 q - тепловой поток, ккал/м². град. час
 d_1 - коэффициент теплоотдачи от воздушного потока к стенке, ккал/м². град. час.

или с помощью разработанной номограммы (рис. 4).

Если температура внутренней стенки трубы $t_{\text{вн.ст.}}$ будет равна или меньше температуры точки росы, то в зоне действия ламинарного пограничного слоя ($\delta \approx 0,2 \text{ м}$) будет происходить выпадение и намерзание влаги на стенки трубопровода и др. элементов систем.

Следовательно, температура на внутренней стенке трубопровода является решающим фактором для определения необходимости теплоизоляции трубопроводов.

Полученные данные теоретических исследований получили подтверждение на практике и при экспериментальных исследованиях

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТИРУЮЩЕЙ
СКОРОСТИ ВОЗДУХА И ОСНОВНЫХ ОПЫТНЫХ КОЭФ-
ФИЦИЕНТОВ

Экспериментальные исследования по определению минимальной транспортирующей скорости воздуха $V_{\text{м}}$ и основных опытных коэффициентов проводились в лаборатории пневматического транспорта Ленинградской лесотехнической академии им. С.М.Кирова.

Экспериментальная установка (рис. 5) представляет собой замкнутый трубопровод, заканчивающийся в циклоне.

Загрузка материала производилась через питатель (3) продувного типа конструкции ЛТА, который находился непосредственно под циклоном (5) и связан был с ним ленточным транспортером (4).

Воздушный поток в трубопроводе создавался вентилятором ВВД № 8 (2), оборудованным на входе двухсторонней подвижной диафрагмой (1) для регулирования расхода и скорости воздуха.

На горизонтальном участке трубопровода были установлены две синхронно работающие (9) заслонки и обводной трубопровод (7) такого же диаметра.

В конце горизонтального участка имелся прозрачный трубопровод (Ю), через который проводилось визуальное наблюдение и фотографирование.

Величины давлений замерялись предварительно протарированными микроманометрами и пневмометрическими трубками Пито-Прандтля. Порядок проведения опытов был следующий.

В предварительно протарированной на чистом воздухе установке устанавливалась требуемая скорость воздуха и снимались показания приборов.

Затем загружалось определенное весовое количество опилок, с помощью подвижной диафрагмы у вентилятора устанавливалась та же скорость воздуха, снимались показания приборов и производилось фотографирование распределения частиц по сечению трубы.

После этого производилось быстрое переключение синхронно работающих заслонок. Воздушно-древесная смесь направлялась в обводной трубопровод, а на участке между заслонками ($\theta = 10^\circ$) оставалась часть транспортируемого материала, который отделялся от общей массы и взвешивался.

Действительная концентрация воздушно-древесной смеси представляет собой отношение веса отсеченного в трубопроводе материала к весу воздуха, заключенного в том же участке.

$$\mu_g = \frac{G_m}{G_b} \cdot \frac{K^2}{K_2}$$

Исследования проводились на скоростях воздуха 16, 18, 20, 22 и 23 м/сек. при концентрациях смеси 0,2 - 1,2 кг/кг.

На каждый опыт загружалась новая порция опилок, взятых непосредственно после распиловки на лесопильных рамах.

Полученные данные обрабатывались с учетом поправок на состояние воздуха и тарифовочных коэффициентов приборов.

Абсолютная скорость движения частиц определялась путем фотографирования через прозрачный участок трубы со вспышкой на один и тот же кадр пленки с очень небольшими выдержками, которые регулировались и автоматически фиксировались специальным электронным реле времени.

Исследованиями, проведенными другими авторами, установлено, что минимальное значение скорости воздуха, при которой начинается устойчивое движение материала, а относительная скорость движения материала становится постоянной ($V_2/V_1 = C_{опт}$) и является минимальной транспортирующей скоростью воздуха.

В данном случае (рис. 6) она определяется началом прямой горизонтальной линии и является равной $V_1 = 22 \text{ м/сек}$. Опытный коэффициент "С", являющийся отношением относительной скорости движения материала к скорости движения воздуха находится из графика, когда относительная скорость движения материала сохраняется постоянной, независимо от увеличения скорости движения воздуха. По результатам исследований он равен $C = 0,95$.

Проведенные опыты позволили определить также весьма важные значения коэффициента удельного падения давления "ε" и опытного коэффициента "К" $K_{сп} = 0,7$ (рис. 7), необходимых для расчета систем.

Удельное падение представляет собой отношение потерь

давления при движении воздушно-древесной смеси к потерям давления при движении чистого воздуха при равных условиях.

$$\epsilon = \frac{H_{см}}{H_B}$$

По известным величинам H_B и ϵ определяются потери давления при движении воздуха с материалом.

Потери давления воздушно-древесной смеси определяются также с учетом коэффициента "К" по формуле

$$H_{см} = H_B (1 + K \cdot \mu_3) \quad \text{мм. вод. ст.}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН ОБЪЕМА ВОЗДУХА, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ УЛАВЛИВАНИЯ И УДАЛЕНИЯ СЫПУЧИХ ОТХОДОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ ОТ ОСНОВНОГО ЛЕСОПИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Определение запыленности воздуха в рабочих зонах лесопильного цеха производилось с помощью взятия проб на пылесодержание определенного количества воздуха. Для проведения опытов использовались наиболее современные фильтры АФАВ-Ю.

Методика определения запыленности воздуха заключается в протягивании нужного количества воздуха через фильтр, определение привеса и расчета концентрации пыли в весовых единицах на единицу объема воздуха.

Для сравнения опыты проводились в лесопильных цехах, где удаление сыпучих отходов осуществлялось скребковыми

транспортерами и пневматическим способом.

В первом случае запыленность воздуха в рабочих зонах значительно превышала санитарную норму.

При пневматическом транспортировании отходов проведенные исследования позволили определить оптимальную величину объема удаляемого воздуха от лесопильной рамы РД-75 при соблюдении санитарной нормы запыленности воздуха в цехе.

В качестве аргумента принимается расход воздуха Q а в качестве функции — концентрация пыли в рабочей зоне у сепарирующего устройства, мг/м^3 .

Достижение 0,75 предельной концентрации пылесодержания в воздухе по санитарным нормам соответствует расходу $Q = 45 \text{ м}^3/\text{мин}$ или с учетом 10% подсоса воздуха через неплотности системы, окончательный расход воздуха определяется $Q = 50 \text{ м}^3/\text{мин}$

По известным значениям скорости и расхода воздуха, аналитическим путем определяется диаметр трубопровода.

Действительная концентрация воздушно-древесной смеси при найденном режиме работы системы находится в пределах $0,5 \leq \mu_2 \leq 1$ что по результатам ранее проведенных исследований составляет оптимальный вариант функционирования аспирационных установок. Аналогично, с учетом последнего фактора, определяются расходы воздуха для любого вида лесопильного оборудования.

ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Результаты проведенных автором исследований использованы при расчете и проектировании пневмотранспортной установки в лесопильном цехе Рязанского деревообрабатывающего завода. Расчет, изготовление, монтаж и наладка системы осуществлялась

под общим руководством автора.

Пневмотранспортная установка находится в эксплуатации с 1965 года и используется для улавливания сыпучих отходов от 3-х единиц лесопильного оборудования. Опыт эксплуатации установки подтверждает работоспособность всех узлов системы при работе в различные времена года.

Гипродревом при расчете и проектировании пневмотранспортных установок в типовых проектах 2-х и 4-х - рамных лесопильных цехов были использованы результаты проведенных автором исследований и опубликованных в технических журналах.

При проектировании институтом проведен сравнительный экономический анализ транспортирования сыпучих отходов лесопиления пневматическим способом и с помощью скребковых транспортеров. Расчеты показывают, что экономика производства в обоих случаях примерно равноценна, но при пневматическом способе значительно улучшаются санитарно-гигиенические условия труда, что в свою очередь определяет конкурентноспособность пневматического транспорта в сравнении с механическими видами транспортирования сыпучих отходов лесопиления.

БИБЛИОТЕКА ВТ
имени С. М. КИРС

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Основные выводы выполненной работы следующие:

1. При проектировании установок пневматического транспорта измельченной древесины влажностью ниже 30% изоляции /утепление/ наружных элементов установок не требуется, независимо от длины и диаметра трубопроводов и наружных температур.
2. При транспортировании пневматическим способом сыпучих отходов лесопиления, в отдельных случаях возможно выпадение и намерзание влаги на внутренние поверхности элементов систем.
3. Определяющим критерием выпадения влаги из воздушно-древесной смеси является температура внутренней стенки воздуховода.
4. Расчет необходимости теплоизоляции отдельных элементов установок рекомендуется проводить по разработанной нами методике с приложением необходимых графиков - номограмм.
5. Расчетные данные для проектирования пневмотранспортных установок для удаления опилок от основного лесопильного оборудования следующие:

- а) Минимальная транспортирующая скорость воздуха

$$V_b = 22 \text{ м/сек}$$

- б) Расход воздуха для двухэтажной лесопильной рамы

$$Q = 50 \text{ м}^3/\text{мин}$$

в) при концентрации воздушно-древесной смеси

$M_2 = 0,5 \div 1,0$ опытные коэффициенты имеют следующие значения:

- удельное падение давления

$$\varepsilon = 1,3 \div 1,85$$

- коэффициент, учитывающий наличие материала в потоке

$$K = 0,6 \div 0,8$$

- коэффициент, зависящий от формы и размеров транспортируемого материала $b = 11$

- коэффициент относительной транспортирующей скорости воздуха, соответствующий устойчивому движению частиц материала $C = 0,95$.

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в следующих статьях:

1. Иевлев Н.А. Удаление опилок от лесопильных рам пневматическим способом. Сб. "Механическая обработка древесины" № 19, М., ЦНИИТЭИлеспрома, 1964.

2. Иевлев Н.А. Расчетные данные для проектирования пневмотранспортных установок в лесопильных цехах. Сб. "Механическая обработка древесины" № 13, М., ЦНИИТЭИлеспрома, 1965.

3. Иевлев Н.А. О работе пневмотранспортных установок в зимнее время. Сб. "Механическая обработка древесины" № 22, М., ЦНИИТЭИлеспрома, 1965г

4. Иевлев Н.А. Определение скорости воздушного потока для пневматического транспортирования опилок от лесопильных станков. Научные труды ЦНИИМОД, выпуск 20, Архан-

2192 ар

гельск, 1966.

5. Иевлев Н.А. Основные элементы пневмотранспортных установок в лесопильном цехе. Сб. "Механическая обработка древесины" № 24 ЦНИИТЭИлеспром, М., 1965.

6. Иевлев Н.А. Пневматический транспорт отходов лесопиления. Сб. "Механическая обработка древесины" № 4 ЦНИИТЭИлеспром, М., 1966

7. Иевлев Н.А. Пневматический транспорт на лесопильном заводе. Изд-во "Лесная промышленность" М., 1969.