А. Н. АЛЕКСАНДРОВ
Г. Ф. КОЗОРИЗ

ПНЕВМОТРАНСПОРТ И ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Одобрено объединением "Союзлеспроект" и рекомендовано к изданию в качестве справочника

Под редакцией А. Н. Александрова

Москва "Лесная промышленность" 1988

УДК 674 : [621.928.9+621.547](035)

Александров А. Н., Козориз Г. Ф. Пневмотранспорт и пылеулавливающие сооружения на деревообрабатывающих предприятиях: Справочник/Под ред. А. Н. Александрова.— М.: Лесн. пром-сть, 1988.— 248 с. ISBN 5—7120—0038—5

Даны сведения о материалах, оборудовании, изделиях и узлах пылеулавливающих сооружений (аспирации), а также систем пневматического транспортирования уловленных измельченных отходов и полуфабрикатов на деревообрабатывающих предприятиях. Приводятся вспомогательные и справочные материалы для проектирования и расчета этих систем; освещаются вопросы охраны атмосферного воздуха и пожарной безопасности при проектировании и эксплуатации пылеулавливающих сооружений и пневмотранспорта в деревообрабатывающих производствах.

Для инженерно-технических работников промышленных предприятий, проектных и проектно-конструкторских организаций. Справочник может быть полезен студентам лесотехнических вузов.

Табл. 61. Ил. 102. Библиогр. 21 назв.

Рецензент М. А. СЛОБОДНИК (ВНИИДМАШ)

$A\frac{3002000000-061}{037(01)-88}$ 23—88

ISBN 5-7120-0038-5

© Издательство «Лесная промышленность», 1988 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года предусматривают переход к интенсивным формам развития промышленности, главным образом, путем технического перевооружения и реконструкции предприятий на базе достижений научно-технического прогресса и передовой технологии. Этот путь предполагает максимальную механизацию и автоматизацию производственных процессов и одновременно — сокращение удельных расходов природных ресурсов, в том числе топливно-энергетических. При этом резко возрастает роль природоохранительных мероприятий, а следовательно, возрастают и затраты на эти мероприятия, в частности на охрану атмосферного воздуха.

Для решения поставленных задач было необходимо обобщить накопленный в отрасли опыт проектирования, строительства и эксплуатации пылеулавливающих сооружений Поэтому при подготовке справочника авторы стремились не только дать максимальный объем справочной информации, облегчить поисковую и расчетную работу проектировщикам и конструкторам, привести алгоритмы расчета для оптимизированного решения отдельных инженерных задач. Не менее важной была цель вооружить широкий круг специалистов современным пониманием роли и значения пылеулавливающих сооружений и пневмотранспорта и соответствующим методологическим подходом к проектированию этих инженерных систем в комплексе технологических и строительных решений при реконструкции, техническом перевооружении и строительстве деревообрабатывающих производств. Актуальность этих задач обусловлена отсутствием в настоящее время строительных норм и правил, технологических и других норм проектирования пылеулавливающих сооружений.

Главы 1—6, 8—9 первой части и главы 1—6 второй части справочника написаны А. Н. Александровым, глава 7 первой части — Г. Ф. Козоризом.

Авторы просят читателей свои замечания и пожелания присылать по адресу: 127018, Москва-18, ул. Полковая, 17, Гипродревпром.

ВВЕДЕНИЕ

В деревообрабатывающей промышленности установки для отсасывания стружки от станков начали применяться еще в начале столетия. В двадцатых годах такие установки были распространены уже довольно широко. В последующие десятилетия усилиями ученых, исследовавших закономерности транспортирования различных измельченных материалов в воздушном потоке, — И. Гастерштадта, К. И. Страховича, М. П. Калинушкина и других — была создана научно-теоретическая база для появления методик инженерного расчета установок пневматического транспортирования материалов, в том числе отходов деревообработки.

Широкому развитию и внедрению в деревообрабатывающей промышленности аспирационных и транспортных установок в большой степени способствовали работы Л. С. Клячко, С. Н. Шемякина, Г. Я Трайтельмана и др.

В 60-е годы благодаря работам С. Н. Святкова и разработкам проектных институтов Гипродрев, Гипродревпром, Гипролеспром, учитывавшим также достижения эксплуатационников на предприятиях отрасли, сформировались принципы конструирования и методика расчета аспирационных и пневмотранспортных систем в деревообрабатывающих производствах. Условия, которым соответствовали эти принципы и методика расчета, характеризовались следующими главными факторами:

парк деревообрабатывающих станков, применявшихся в производстве, изменялся очень медленно,

выпускавшиеся станки не всегда были оборудованы встроенными устройствами для улавливания отходов механической обработки древесины в виде стружки, опилок и пыли и направления их в аспирационные системы;

фракционный состав отходов характеризовался относительно небольшим содержанием пыли, что было связано как с невысокими скоростями резания, так и с использованием в качестве обрабатываемого материала в основном натуральной древесины;

функции пневматического транспортирования измельченных отходов к месту сбора выполнялись системами аспирации, что было обусловлено небольшими размерами производственных корпусов и территорий большинства предприятий;

технологические процессы, а следовательно, и технологические планировки и состав оборудования цехов, изменялись незначительно в течение довольно продолжительного времени;

вопросам охраны окружающей природной среды от загрязнения вредными выбросами промышленных предприятий и экономии топливно-энергетических ресурсов не придавалось особого значения.

Развитие промышленности в 70-е годы внесло существенные изменения в характер традиционных деревообрабатывающих производств. Появился и ряд новых видов производств, таких, как производство древесностружечных, древесноволокнистых, цементно-стружечных плит. Эти новые условия характеризуются следующими главными факторами:

быстрым обновлением парка технологического оборудования, выпускаемого серийно станкостроительной промышленностью,

специализацией деревообрабатывающих предприятий наряду с созданием крупных комбинатов, включающих в себя различные виды производств, комплексно использующих древесное сырье;

увеличением размеров производственных корпусов и территории предприятий при росте нормативного коэффициента плотности застройки;

увеличением объема измельченных отходов деревообработки и удельного содержания в них пылевидных частиц за счет повышения скоростей резания и применения плитных материалов;

частой сменой технологических процессов и оборудования в пределах производственных помещений;

ужесточением требований, связанных с охраной окружающей природной среды, а также экономным использованием энергетических, сырьевых и материальных ресурсов;

увеличением объемов строительства новых предприятий, расширением, реконструкцией и техническим перевооружением действующих.

С учетом перечисленных факторов за последние 10—15 лет существенно изменились условия конструирования и расчета систем аспирации и пневмотранспорта измельченных отходов и полуфабрикатов на деревообрабатывающих предприятиях. Прежде всего определилось четкое разграничение аспирационных систем и систем пневмотранспорта. Несмотря на многочисленные общие признаки конструктивного характера эти два вида инженерных сооружений принципиально различны по их функции в технологических процессах.

Инженерные системы, удаляющие от технологического оборудования отходы производства в виде газов и пылевоздушных смесей, подающие их к газоочистным и пылеулавливающим устройствам и осуществляющие их очистку (обезвреживание), являются газоочистными и пылеулавливающими сооружениями в составе промышленных предприятий. К ним относятся системы аспирации технологических процессов и оборудования.

Ни одно современное деревообрабатывающее производство — от крупных специализированных предприятий, насчитывающих сотни единиц оборудования, до небольших мастерских вспомогательного назначения — не может функционировать без систем аспирации, так как в соответствии с ГОСТ 12.2.026.0—77 системы стандартов безопасности труда конструкция деревообрабатывающего оборудования должна предусматривать наличие специальных устройств (аспирационных кожухов, укрытий, отсосов), оканчивающихся патрубками для подключения к системам аспирации.

Проектирование и эксплуатация пылеулавливающих сооружений или аспирационных систем в деревообрабатывающих производствах сводится к решению задач эффективного и надежного обеспыливания воздуха в рабочей зоне производственных помещений и охраны атмосферного воздуха от загрязнения пылевыми выбросами с минимальными капитальными и эксплуатационными затратами.

К системам пневматического транспорта на деревообрабатывающих предприятиях относятся инженерные сооружения, состоящие из комплекса

оборудования, трубопроводов и строительных конструкций и предназначенные для передачи измельченных материалов по трубопроводам как внутри одного, так и между различными технологическими процессами.

Пневмотранспорт на деревообрабатывающих предприятиях стал применяться позже, чем аспирация. Его назначение сводилось в основном к транспортировке опилок и стружки от цеховых бункеров сбора отходов в бункерные галереи или топливные бункеры котельных. Пневмотранспорт нашел также применение в производстве спичек — для транспортирования спичечной соломки. В производстве древесной муки, древесностружечных и древесноволокнистых плит, а в последнее время — в производстве цементно-стружечных плит пневмотранспорт служит для передачи специально приготовляемой стружки и пыли между отдельными позициями технологического оборудования.

В каждом из этих производств к пневмотранспортерам предъявляются особые требования, обусловленные технологическим регламентом, поэтому конструирование и расчет пневмотранспортеров технологического назначения имеют в каждом из производств свои особенности.

Термин «пневматический транспорт» до недавнего времени широко применялся и для определения аспирационных систем в деревообрабатывающей промышленности. Однако в настоящее время эта, как и другие неточности в терминологии в данной области техники, могут приводить к нежелательным последствиям в практической деятельности организаций и предприятий. Поэтому в отсутствие норм проектирования пылеулавливающих сооружений и пневмотранспорта на деревообрабатывающих предприятиях настоящий справочник призван помимо прочего способствовать формированию профессиональной терминологии, максимально отвечающей как действующим стандартам и другим руководящим документам по строительству, так и современному уровню техники и технологии.

Часть первая
ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Устройство пылеулавливающих сооружений необходимо в тех случаях, когда выделяющаяся в технологических процессах пыль при попадании в воздух производственных помещений или в атмосферный воздух может создавать концентрации, превышающие допустимые значения, установленные санитарными нормами или какими-либо другими нормативными документами.

В деревообрабатывающих производствах источники выделения пыли бывают двух видов. К первому виду источников относится технологическое оборудование, при работе которого пыль, а также более крупные частицы (опилки, стружка) образуются в качестве отходов механической обработки древесных и других материалов. Ко второму виду источников относится технологическое оборудование, в том числе конвейеры, в которых измельченные материалы являются полуфабрикатами в технологических процессах, например в производстве древесностружечных плит, или конечным продуктом, например в производстве древесной муки.

Применяемые в этих случаях пылеулавливающие сооружения называются системами аспирации. Латинское слово aspiratio означает вдыхание. Это слово в данном случае характеризует принцип действия инженерных систем, состоящий в отсасывании воздуха от технологического оборудования.

Для источников первого вида задача предотвращения попадания пыли в объем производственных помещений решается путем отсоса воздуха от режущих органов станков с возможно более полным уносом измельченных отходов в момент их образования. Для источников выделения пыли второго вида та же задача решается путем отсоса воздуха от технологического оборудования с минимальным уносом из него измельченного материала; системы аспирации лишь поддерживают заданную величину разрежения в оборудовании.

До середины 70-х годов системы аспирации рассматривались как одна из составных частей вентиляции производственных помещений. При этом считалось, что и проектирование так называемых местных отсосов должно входить в задачу проектирования аспирационных систем. Поэтому нередко технологическое оборудование изготавливалось без устройств, предназначенных специально для направления пыли и других измельченных отходов в системы аспирации, а паспорта станков не содержали аспирационных характеристик даже в тех случаях, когда эти устройства, называвшиеся пылеприемниками, имелись.

Такой взгляд на системы пылеулавливания в условиях качественного преобразования и количественного роста нашей промышленности в целом, и в том числе деревообрабатывающих производств, привел к ощутимому отставанию техники пылеулавливания. К концу 70-х годов окончательно

сформировалось новое понимание как роли пылеулавливающих и газоочистных сооружений, так и основных принципов, лежащих в основе резкого повышения их эффективности.

С одной стороны, стало очевидным, что для эффективной борьбы с выделениями пыли в производственные помещения с помощью аспирационных систем необходимо, чтобы технологическое оборудование включало в свою конструкцию устройства, обеспечивающие максимальное улавливание измельченных отходов при подключении оборудования к аспирационным системам. Для деревообрабатывающих производств решение этой стороны проблемы нашло свое официальное отражение в ГОСТ 12.2.026.0—77 «Оборудование деревообрабатывающее. Общие требования безопасности».

С другой стороны, практика проектирования систем пылеулавливания в новых условиях стала серьезно противоречить нормам проектирования, традиционным объемам и составу проектных работ по вентиляции промышленных зданий. Эта сторона проблемы также нашла отражение в общесоюзных нормативных документах: в главе СНиП II-33—75 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» впервые прямо указано, что действие данной главы не распространяется на проектирование аспирационных систем, а с 1983 г. Госстроем СССР введен в действие документ, учитывающий фактический объем работ по проектированию в современных условиях газоочистных и пылеулавливающих сооружений в составе промышленных предприятий — «Ценник на проектирование газоочистных и пылеулавливающих сооружений».

Все системы аспирации состоят из следующих основных частей: трубопроводных сетей; тягодутьевых машин; пылеулавливающих аппаратов.

Трубопроводные сети состоят из системы ответвлений (отсосов) и магистральных отводящих коллекторов. Ответвления служат для подключения к аспирационным системам технологического оборудования, имеющего аспирационные укрытия, оканчивающиеся присоединительными патрубками. По системе ответвлений отсасываемый от технологического оборудования воздух, удаляющий отходы или содержащий частично уносимый из технологического процесса материал, подводится к сборным участкам трубопровода или к другим сборным элементам сети и далее по отводящим коллекторам направляется к пылеулавливающим аппаратам.

Пылеулавливающие аппараты служат для отделения твердых частиц от аспирационного воздуха. При этом решаются две задачи: сбор уловленного продукта для его дальнейшего использования и очистка аспирационного воздуха перед выбросом его в атмосферу или возвратом в производственное помещение.

Движение материаловоздушной смеси в системах аспирации обеспечивается за счет разности давления, создаваемой работой тягодутьевых машин.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ

В литературе встречаются различные классификационные схемы систем аспирации деревообратывающих производств. Это разнообразие объясняется тем, что признаки, по которым классифицировались системы ас-

пирации, не имеют принципиального характера, а потому в значительной степени произвольны. В основном это конструктивные признаки, а классификационные схемы лишь с большей или меньшей полнотой отражают практический опыт конструирования систем аспирации.

Развитие технологии, рост значения охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, а также необходимость правильной ориентации специалистов при решении проектно-конструкторских задач, требуют нового подхода к классификации пылеулавливающих сооружений.

При таком подходе системы аспирации рассматриваются по основополагающим признакам:

по характеру циркуляции воздуха;

по характеру связи с технологическим оборудованием;

по характеру гидравлического режима.

Классификационная схема систем аспирации представлена на рис. 2.1.

По характеру циркуляции воздуха системы аспирации делятся на прямоточные и рециркуляционные. Прямоточные — это такие системы, в которых аспирационный воздух забирается из объема производственного помещения и после очистки в пылеулавливающих аппаратах выбрасывается в атмосферу (рис. 2.2). Рециркуляционные — это такие системы, в которых аспирационный воздух после очистки в пылеулавливающих аппаратах не выбрасывается в атмосферу, а полностью или частично возвращается в производственное помещение (рис. 2.3).

По характеру связи с технологическим оборудованием системы аспирации делятся на централизованные (рис. 2.2, *а*; 2.3, *а*) и автономные (рис. 2.2, *б*; 2.3, *б*). К централизованным относятся системы аспирации, к которым подключено несколько рабочих органов деревообрабатывающего оборудования с независимым включением и выключением. Эти рабочие органы могут принадлежать как нескольким единицам технологического оборудования, так и одной, но в любом случае одновременность их работы не является обязательной. Таким образом, централизованные системы всегда имеют принципиальную возможность быть выполненными как системы с переменной производительностью.

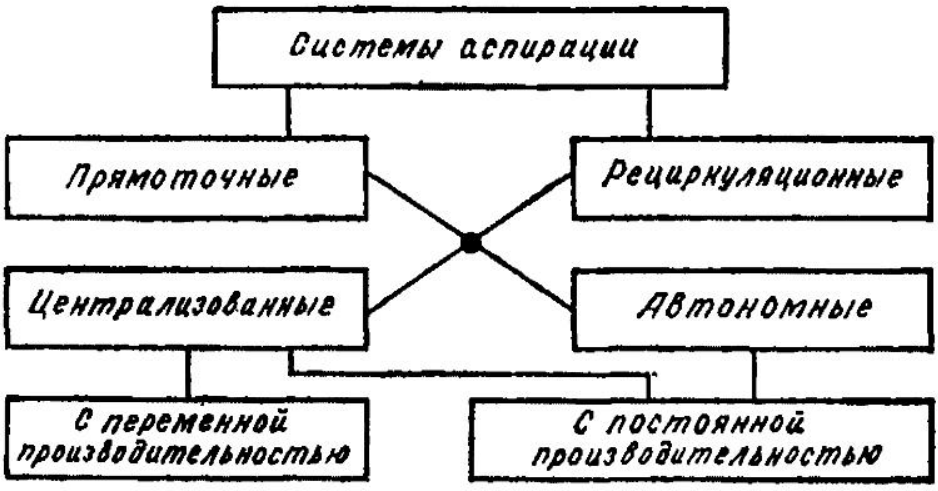


Рис. 2.1. Классификационная схема систем аспирации

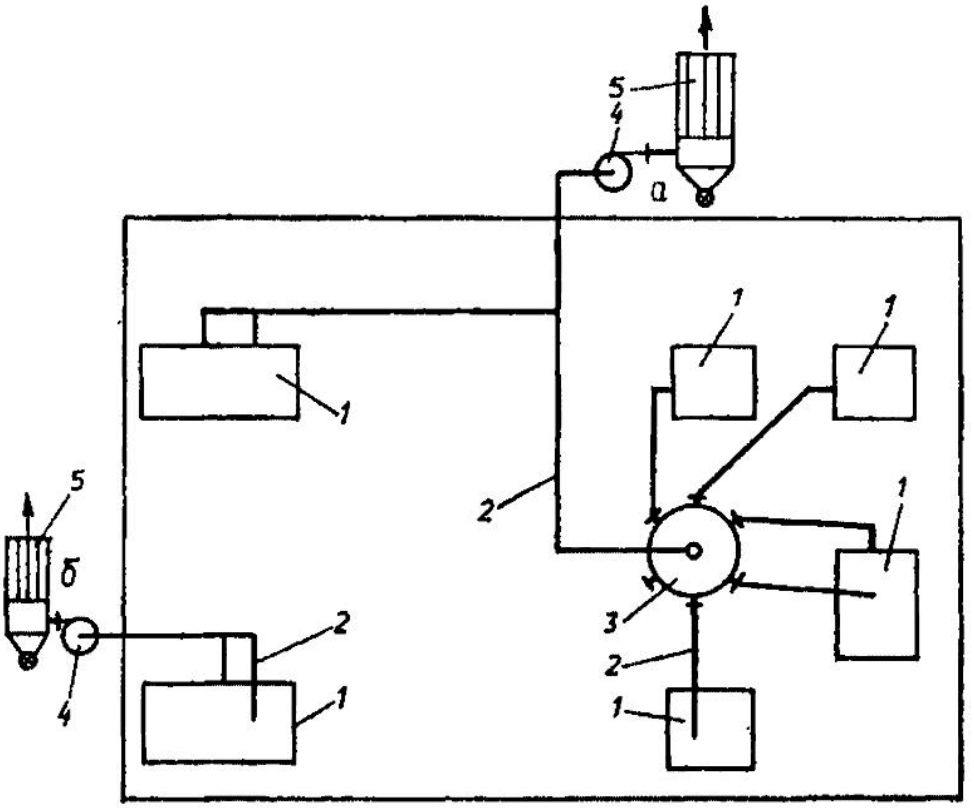


Рис. 2.2. Принципиальные схемы прямоточных систем аспирации:
а — централизованная; *б* — автономная; *1* — технологическое оборудование, *2* — сеть аспирационных трубопроводов; *3* — коллектор малогабаритный; *4* — тягодутьевая машина; *5* — пылеулавливающий аппарат

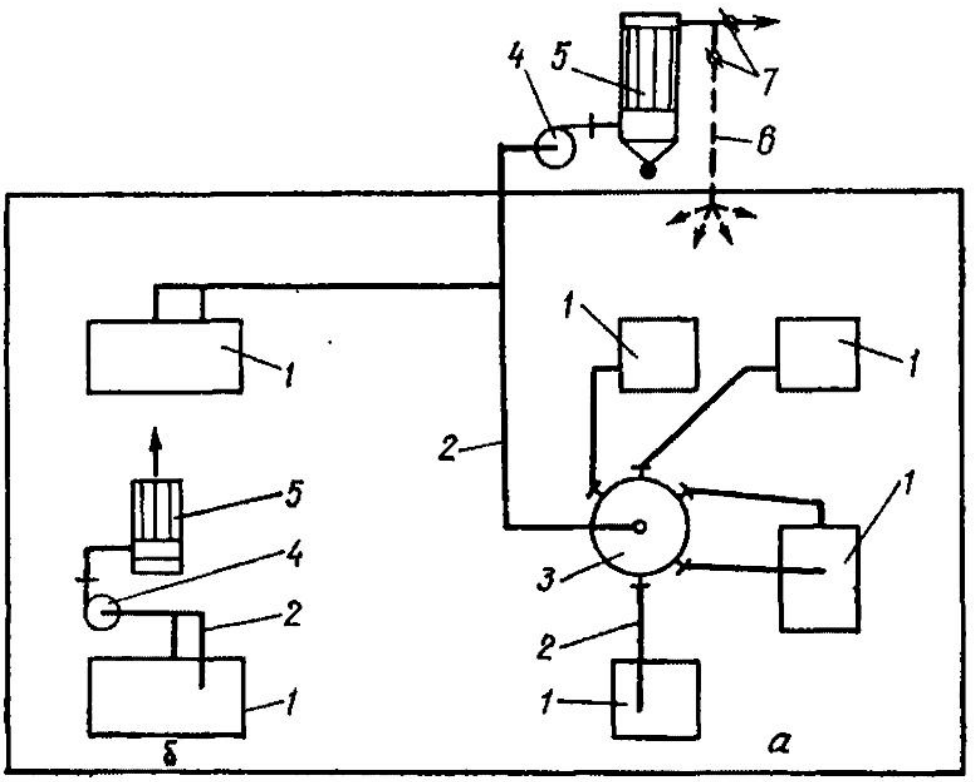


Рис. 2.3. Принципиальные схемы рециркуляционных систем аспирации:
а — централизованная; *б* — автономная; *1* — технологическое оборудование; *2* — сеть аспирационных трубопроводов; *3* — коллектор малогабаритный; *4* — тягодутьевая машина; *5* — пылеулавливающий аппарат; *6* — рециркуляционный трубопровод; *7* — запорно-регулирующая арматура

К автономным системам аспирации относятся системы, обслуживающие один или несколько рабочих органов технологического оборудования, включаемых и выключаемых одновременно. Как правило, это рабочие органы одной единицы оборудования. В таких системах по условиям технологии всегда требуется отсасывать одинаковый объем воздуха, и, следовательно, автономные системы в принципе не могут быть системами с переменной производительностью

По характеру гидравлического режима системы аспирации делятся на системы с постоянной производительностью и системы с переменной производительностью.

Внутри каждого класса системы аспирации могут иметь неограниченное число вариантов, отличающихся друг от друга конструктивными особенностями и оборудованием Выбор того или иного класса систем при проектировании должен определяться технологическими и технико-экономическими соображениями.

На деревообрабатывающих предприятиях нашей страны в настоящее время применяются в основном прямоточные системы аспирации, чаще всего — централизованные с постоянной производительностью. Рециркуляционные системы аспирации применяются крайне ограниченно из-за отсутствия отечественных рециркуляционных пылеуловителей, предназначенных для очистки аспирационного воздуха от древесных отходов. Рециркуляционные пылеуловители для абразивной и металлической пыли находят применение в системах аспирации заточных отделений и пилоножеточек.

В нашей стране разработаны теоретические основы систем аспирации переменной производительности с плавным и ступенчатым автоматическим регулированием (В. А. Ларионов — ВНИИОТ, г. Иваново, Г. Ф. Козориз — ЛТИ, г. Львов). В лабораторных условиях сконструированы и испытаны системы в целом, их отдельные элементы и специальное оборудование.

3. ТРУБОПРОВОДНЫЕ СЕТИ. КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ

Трубопроводные сети современных аспирационных систем включают в себя следующие основные конструктивные элементы: трубопроводы и их фасонные части; диафрагмы; запорно-регулирующие устройства; зонты; малогабаритные коллекторы; рукава; лючки для прочистки трубопроводов, лючки для измерения параметров потока; уловители крупных предметов.

В качестве **трубопроводов** систем аспирации применяются главным образом воздуховоды. Крайне редко используются водогазопроводные или иные трубы. Их применение диктуется особыми условиями и должно быть обосновано в каждом конкретном случае.

Воздуховоды изготовляют преимущественно из черной тонколистовой стали. Они состоят из прямых участков и фасонных частей. К фасонным частям воздуховодов относятся отводы, тройники, крестовины, переходы. Воздуховоды для систем аспирации должны быть сварными (прямошов-

ными или спирально-сварными) Соединяют прямые участки и фасонные части воздуховодов в трубопроводные сети с помощью фланцев на болтах или делают их цельносварными, если это необходимо по условиям эксплуатации.

Нормализованные размеры прямых участков воздуховодов и фланцев приведены на рис. 3.1 и в табл. 3.1, тройников и крестовин — соответственно на рис. 3.2 и 3.3 и в табл. 3.2 и 3.3, отводов — на рис. 3.4 и в табл. 3.4. Размеры переходов как круглого сечения, так и с круглого на прямоугольное не нормализованы. Подробнее о выборе толщины листовой стали для воздуховодов см. в гл. 6.

Диафрагмы устанавливают в воздуховодах на прямых участках для увязки гидравлического сопротивления ответвлений трубопроводной сети. В системах аспирации рекомендуется применять одноконусные диафрагмы (рис. 3.5).

Запорные устройства. В системах аспирации с постоянной производительностью в общем случае не требуется установка запорных устройств на ответвлениях трубопроводной сети для отключения не работающего технологического оборудования, т. к при конструировании и расчете исходят из условия одновременной работы всех рабочих органов станков Однако в тех случаях, когда расчетный режим работы аспирационных систем предусматривает попеременное подключение к ним отдельных рабочих органов технологического оборудования, на ответвлениях к этим органам устанавливаются запорные устройства. В этих целях применяются косые шиберы, изготавливаемые по типовым чертежам серии 4.904-13 «Шиберы неутепленные стальные» (по строительному каталогу Госстроя СССР).

При параллельной установке вентиляторов в системах аспирации и их попеременном включении применяются обратные клапаны, устанавливаемые на каждом из параллельных участков. Их установка исключает подсосы воздуха через ветви, на которых установлены выключенные вентиляторы. Обратные клапаны изготавливают по типовым чертежам серии 1.494—28 «Клапаны обратные общего назначения».

Технические данные шиберов приведены на рис. 3.6 и в табл. 3.5, обратных клапанов — на рис. 3.7 и в табл. 3.6.

Зонты. Зонты устанавливаются над отверстиями вертикальных выбросных труб; они предохраняют трубопроводы и оборудование от попадания в них атмосферных осадков, способствующих усиленной коррозии и быстрому выходу из строя стальных элементов систем аспирации. Конструкции зонтов различны, чаще других применяются зонты, изготавливаемые по типовым чертежам серии 1.494—32 «Зонты и дефлекторы вентиляционных систем». Технические данные зонтов приведены соответственно на рис. 3.8 и в табл. 3.7.

Малогабаритные коллекторы. Кустовые схемы сетей аспирационных систем предусматривают применение малогабаритных коллекторов или просто коллекторов (в отличие от отводящих коллекторов). Коллекторы являются узлами трубопроводных сетей, обеспечивающих слияние более двух материаловоздушных потоков в один суммарный поток. Схемы и технические характеристики коллекторов приведены в табл. 3.8. Рабочая

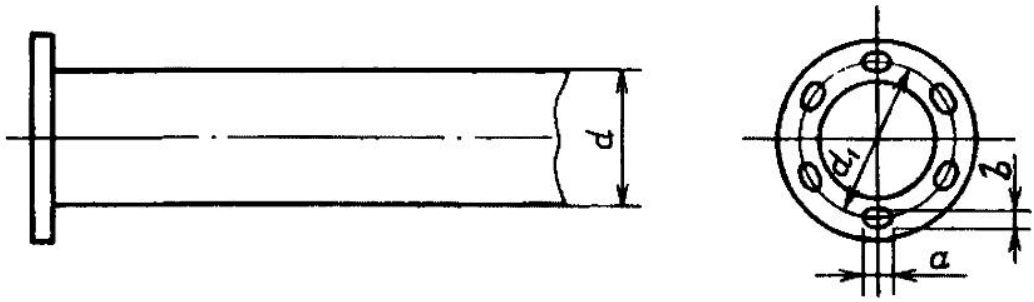
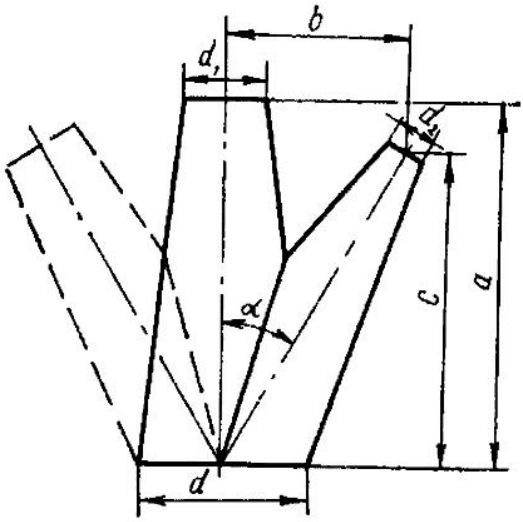


Рис. 3.1. Размеры прямых участков воздуховодов и фланцев



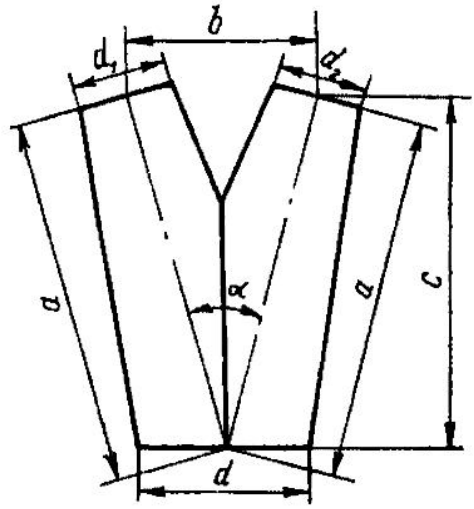
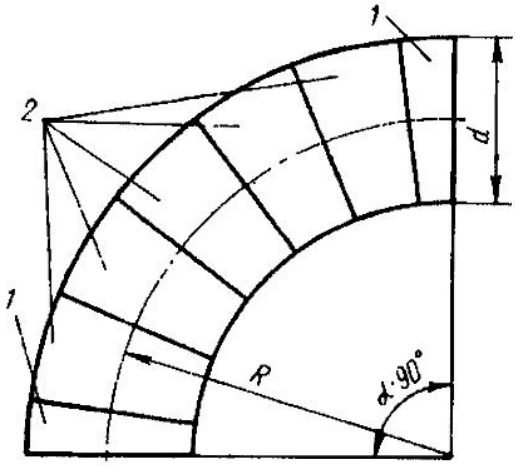


Рис. 3.2. Размеры крестовин и прямых тройников ($d_1 \leqslant d$; $d_2 \leqslant d$; $d_1 \geqslant d_2$)

Рис. 3.3. Размеры штанообразных тройников ($d_1 \leqslant d$; $d_2 \leqslant d$; $d_1 = d_2$)



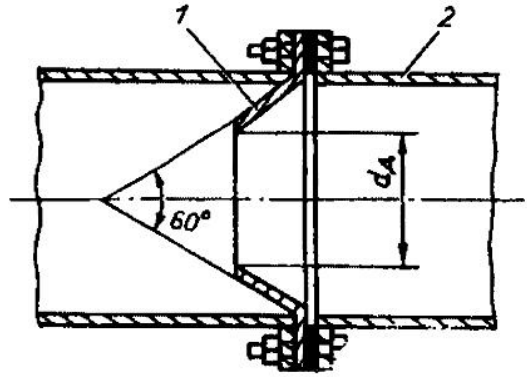


Рис. 3.4. Размеры отводов:
1 — стаканы; *2* — звенья

Рис. 3.5. Установка диафрагмы:
1 — диафрагма; *2* — воздуховод, $d_д$ — диаметр диафрагмы

3.1. Размеры прямых участков воздуховодов и фланцев

Диаметр d, мм	Площадь поперечного сечения воздуховода, м²	Площадь поверхности 1 м воздуховода, м²	Диаметр d_1, мм	Отверстия под болты	
				Размеры $a \times b$, мм	Количество, шт.
100	0,0079	0,314	130		4
110	0,0086	0,345	140		
125	0,0123	0,392	155		
140	0,0154	0,44	170		
160	0,02	0,502	190		
180	0,0255	0,566	210		6
200	0,0314	0,628	230	10×7*	
225	0,04	0,706	255		
250	0,049	0,785	280		
280	0,0615	0,879	310		
315	0,0779	0,989	345		8
355	0,099	1,115	385		
400	0,126	1,26	430		
450	0,159	1,41	480		10
500	0,196	1,57	530		
560	0,246	1,76	590		
630	0,312	1,98	660		
710	0,396	2,23	740	14×9**	12
800	0,501	2,51	830		
900	0,653	2,83	940		16
1000	0,785	3,14	1040		
1120	0,985	3,52	1165		18
1250	1,23	3,93	1235		
1400	1,54	4,4	1448	16×11***	22
1600	2,01	5,03	1648		24

Примечания: 1. За нормируемые размеры допускается принимать наружные размеры поперечного сечения воздуховодов, указанные в таблице. 2. Вместо размеров, отмеченных одной, двумя и тремя звездочками, если отверстия под болты круглые, их диаметры соответственно 8, 10 и 12 мм. 3. В случаях применения воздуховодов с диаметром d меньше 100 мм (в виде исключения) следует принимать диаметры из ряда значений, кратных 5, начиная с 95 мм. 4. Толщину листовой стали для воздуховодов систем аспирации нормализованного ряда диаметров, приведенных в таблице, рекомендуется принимать не меньше 1,4 мм.

3.2. Размеры крестовин и прямых тройников

d, мм	α, град	a, мм	b, мм	C, мм
100	30	306	153	265
110		326	163	283
125		354	177	307
140		380	190	329
160		418	209	363
180		456	228	395
200		514	257	446
225		560	280	486
250		606	303	526
280		662	331	574
315		728	364	632
355		802	401	696
400		886	443	769
450		980	490	850
500		1072	536	930
560		1184	592	1027
630		1316	658	1142
710	45	956	676	676
800		1065	753	753
900		1185	838	838
1000		1307	924	924
1120		1465	1036	1036
1250		1622	1147	1147
1400		1803	1275	1275
1600		2045	1446	1446

Примечание. Диаметры d_1 и d_2 соответствуют ряду нормализованных значений d.

3.3. Размеры штанообразных тройников

d, мм	α, град	a, мм	b, мм	c, мм
100	30	303	157	293
110		321	166	310
125		348	180	336
140		377	195	364
160		415	215	401
180		452	234	437
200		508	263	491
225		554	287	536
250		601	311	580
280		657	340	635
315		723	374	698
355		798	413	771
400		881	456	851
450		976	505	943
500		1068	553	1032
560		1180	611	1140

d, мм	α, град	a, мм	b, мм	c, мм
630		1312	679	1267
710		948	726	876
800		1057	809	976
900		1178	902	1089
1000		1299	994	1200
1120	45	1457	1115	1346
1250		1614	1235	1431
1400		1794	1373	1657
1600		2036	1558	1881

Примечание. Диаметры d_1 и d_2 соответствуют ряду нормализованных значений d.

3.4. Размеры отводов

d, мм	R, мм	d, мм	R, мм	d, мм	R, мм	d, мм	R, мм
100	200	225	450	500	1000	1120	2240
110	220	250	500	560	1120	1250	2500
125	250	280	560	630	1260	1400	2800
140	280	315	630	710	1420	1600	3200
160	320	355	710	800	1600		
180	360	400	800	900	1800		
200	400	450	900	1000	2000		

Примечания: 1. Отводы, как правило, собирают из 5 звеньев и 2 стаканов. При диаметре менее 315 мм допускается сборка отводов из 3 звеньев и 2 стаканов. 2. Изготовление отводов с углом $\alpha < 90°$ осуществляется за счет уменьшения числа звеньев в пятизвенном отводе.

3.5. Размеры шиберов

Обозначение	Размеры, мм			Масса, кг
	D	l	A	
Т100	100	250	123	3,1
Т125	125	280	150	4,3
Т140	140	300	163	5,1
Т160	160	320	184	5,8
Т180	180	340	204	6,8
Т200	200	360	223	8,1
Т225	225	390	250	9,8
Т250	250	420	273	11,3
Т280	280	450	303	14,0
Т315	315	520	340	17,0

документация коллекторов разработана и распространяется институтом Гипродревпром.

Рукава. Рукавами называют гибкие трубопроводы. Рукава применяют для подключения к системам аспирации деревообрабатывающего оборудования, режущие органы которого вместе с аспирационными укры-

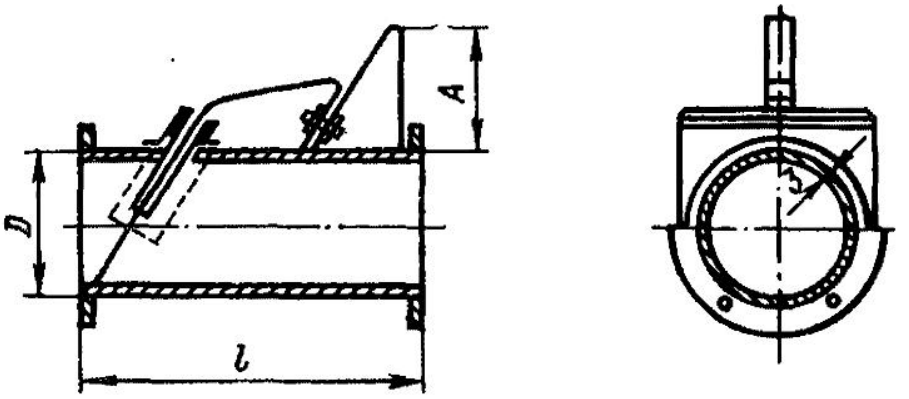


Рис. 3.6. Размеры шиберов

тиями могут в процессе эксплуатации перемещаться по горизонтали и по вертикали. Рукава имеют различную конструкцию. За рубежом широкое распространение получили рукава из тонкой пластмассовой ленты, на-

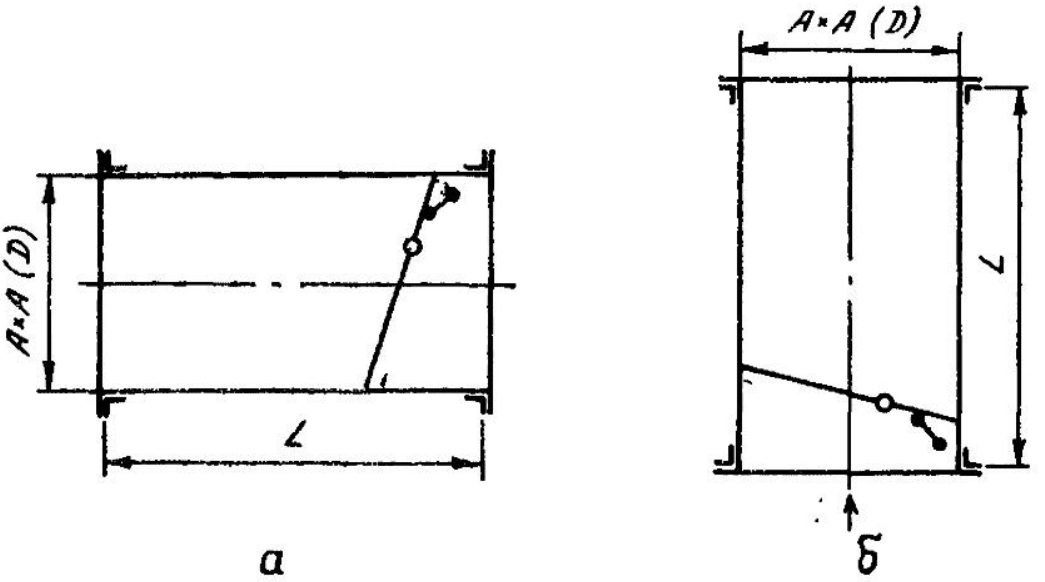


Рис. 3.7. Установка обратных клапанов:
а — горизонтальная; *б* — вертикальная

витой на спиральный каркас из стальной проволоки. Такие рукава герметичны и легки. Из рукавов, изготавливаемых отечественной промышленностью, в аспирационных системах применяются металлорукава и рукава резиновые.

Металлорукава. В практике деревообрабатывающих предприятий наибольшее распространение получили металлорукава негерметичные

3.6. Размеры обратных клапанов общего назначения

Исполнение	Обозначение	D, мм	А × А, мм	L, мм	Масса, кг
Прямоугольные	КОП1	—	250×250	345	6,65
	КОП2	—	400×400	445	12,10
	КОП3	—	500×500	500	19,80
	КОП4	—	800×800	460	47,40
	КОП5	—	1000×1000	530	69,40
	КОП6	—	150×150	220	3,60
	КОП7	—	200×200	245	4,80
Круглые горизонтальные	КОГ1	400	—	265	8,60
	КОГ2	500	—	320	11,60
	КОГ3	630	—	400	20,50
	КОГ4	800	—	500	30,80
	КОГ5	1000	—	600	48,80
Круглые вертикальные	КОВ1	400	—	265	9,20
	КОВ2	500	—	320	12,00
	КОВ3	630	—	400	19,00
	КОВ4	800	—	500	28,00
	КОВ5	1000	—	600	47,00
Круглые универсальные	КО1	250	—	260	4,50
	КО2	315	—	330	6,30

Примечания: 1. В таблице приведены данные для клапанов только из черной стали. 2. При установке клапанов в вертикальном воздуховоде поток воздуха должен быть направлен снизу вверх (см. рис. 3.7, *б*).

3.7. Размеры зонтов

Обозначение	Размеры, мм				Масса, кг
	D	D_1	H	H_1	
ЗК.00.000	200	350	200	120	2,0
ЗК.00.000—01	250	450	250	150	3,0
ЗК.00.000—02	315	550	330	200	4,0
ЗК.00.000—03	400	700	400	240	7,5
ЗК.00.000—04	450	800	430	270	9,0
ЗК.00.000—05	500	900	480	300	11,0
ЗК.00.000—06	630	1130	530	300	15,0
ЗК.00.000—07	710	1300	580	330	19,0
ЗК.00.000—08	800	1450	880	330	37,0
ЗК.00.000—09	1000	1600	1000	400	52,0
ЗК.00.000—10	1250	2250	1070	400	68,0

типа Р3, изготовляемые по ТУ 22-5570—83. Из выпускаемых модификаций (стальные, стальные оцинкованные, алюминиевые, в оплетке, без оплетки, с уплотнителем хлопколавсановым и асбестовым) наиболее соответствуют условиям эксплуатации аспирационных систем рукава из оцинкованной ленты (Ц) с хлопколавсановым уплотнителем (Х) без оплетки. Обозначение такого рукава, например, диаметром 100 мм и длиной 3 м выглядит: Р3-Ц-Х-100У3×3000 ТУ 22-5570—83.

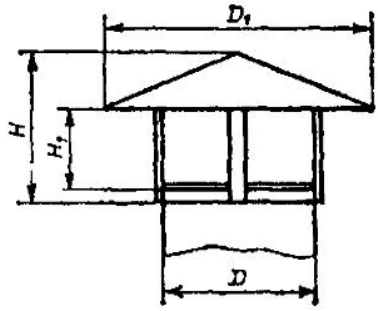


Рис. 3.8. Размеры зонтов

При проектировании необходимо учитывать следующее

1. Гидравлическое сопротивление рукава следует принимать вдвое большим, чем сопротивление воздуховода из тонколистовой стали той же длины и того же диаметра.

2 Подсос воздуха через рукав составляет на начальных участках трубопроводной сети (см гл. 6) 15—20 % для средних условий (длина рукава 2 м; разрежение в трубопроводе 80 даПа).

В табл. 3.9 приведена техническая характеристика негерметичных металлорукавов.

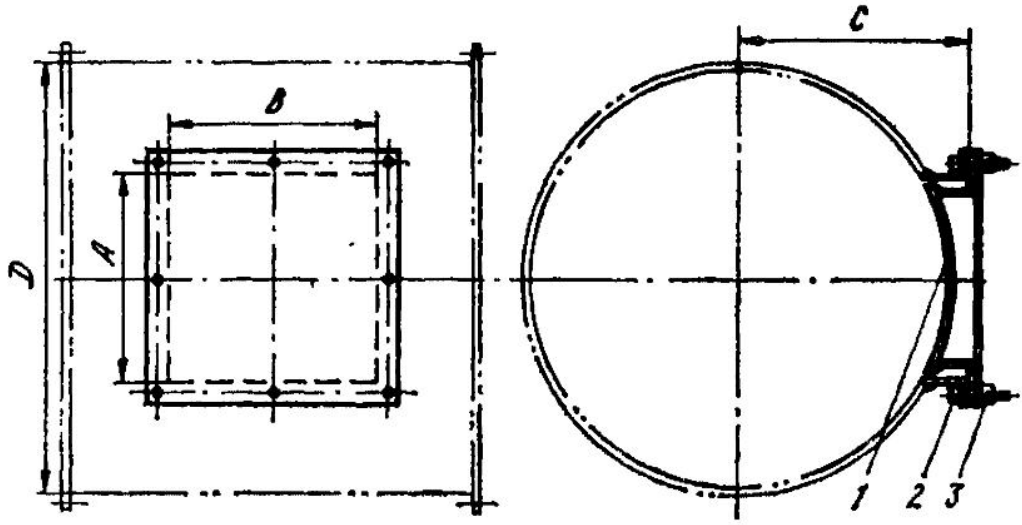


Рис. 3.9. Конструкция и основные размеры лючков для прочистки:
1 — крышка (применяется вырезанная часть трубопровода), *2* — гайка приварная; *3* — болт с гайкой-барашком

Герметичные металлорукава, изготавливаемые по ГОСТ 3575—75, выпускаются в основном маленьких диаметров. В табл. 3.10 приведены данные о герметичных рукавах, применяющихся в системах аспирации.

Рукава резиновые. Эти рукава имеют преимущества перед металлорукавами: они герметичны, абсолютная эквивалентная шероховатость их внутренней поверхности $K_э$ (см. гл. 6) равна 0,1 мм, а следовательно, их гидравлическое сопротивление такое же, как и у воздуховодов из тонколистовой стали. Характеристика резиновых рукавов приведена в табл. 3.11.

3.8. Характеристики коллекторов

Обозначение	Минимальная воздушная нагрузка L_{min}, м³/ч	Входные патрубки		Диаметр (размеры сечения) выходного патрубка, мм	Габаритные размеры коллектора (длина × ширина × × высота), мм	Масса, кг
		количество, шт.	коэффициент местного сопротивления $\xi_{вх}$			
Коллекторы горизонтальные						
КГ4.180	5 500	4	0,327	$d_э$ = 339 (300×300)	1020×1020×310	36,5
КГ6.180	5 500	6	0,327	$d_э$ = 339 (300×300)	1000×980×580	41,7
КГ8.180	7 340	8	0,327	$d_э$ = 391 (400×300)	1100×1100×580	53,3
КГ10.180	8 570	10	0,327	$d_э$ = 422 (400×350)	1180×1400×580	70
КГ12.180	10 700	12	0,445	$d_э$ = 472 (500×350)	2250×1700×580	148,5
Коллекторы вертикальные						
а) с боковым выходом						
КВБ6.180	6 750	6	0,445	375	1180×875×770	92,5
КВБ8.180	9 700	8	0,445	450	1520×1070×905	122
КВБ10.180	10 800	10	0,445	475	1640×1215×1000	148
КВБ12.180	12 000	12	0,445	500	1700×1360×1120	177
б) с верхним выходом						
КВВ6.125	5 800	6	0,5	339	690×690×510	23,4
КВВ8.125	7 300	8	0,5	379	740×740×530	27,6
КВВ10.125	8 900	10	0,5	419	850×850×600	36,4

Обозначение	Минимальная воздушная нагрузка L_{min}, м³/ч	Входные патрубки		Диаметр (размеры сечения) выходного патрубка, мм	Габаритные размеры коллектора (длина × ширина × × высота), мм	Масса, кг
		Количество, шт.	Коэффициент местного сопротивления $\xi_{вх}$			
КВВ12.125	10 700	12	0,5	459	1000×1000×640	48,3
КВВ6.140	6 700	6	0,5	365	640×640×530	23,5
КВВ8.140	9 380	8	0,5	429	730×730×615	31,8
КВВ10.140	11 670	10	0,5	479	870×870×585	36,6
КВВ12.140	12 400	12	0,5	494	1020×1020×670	49,5
в) с нижним выходом						
КВН4.180	4 770	4	0,445	315	700×700×710	42
КВН6.180	6 750	6	0,445	375	860×860×860	59
КВН8.180	9 750	8	0,445	450	1060×1060×1080	87
КВН10.180	12 000	10	0,445	500	1210×1210×1240	107
КВН12.180	13 500	12	0,445	530	1360×1360×1425	137
КВН15.180	17 300	15	0,445	600	1610×1610×1700	196
КВН18.180	19 000	18	0,445	630	1860×1860×2000	221

Примечания: 1. Диаметр входных патрубков коллекторов — три последних цифры обозначения, например, диаметр входных патрубков горизонтальных коллекторов — 180 мм. 2. Для вертикальных коллекторов с верхним выходом коэффициент местного сопротивления выходного патрубка $\xi_{вых} = 0,18$, для остальных коллекторов $\xi_{вых} = 0,445$.

3.9. Техническая характеристика негерметичных металлорукавов по ТУ 22-5570—83

Условный диаметр $d_у$, мм	Внутренний диаметр $d_{вн}$, мм	Наружный диаметр $d_н$, мм	Эксплуатационный радиус изгиба $r_и$, мм	Масса 1 м, кг
Круглые (РЗ-Ц-Х—. . .)				
50	46,5	58,7	300	1,40
60	56,5	70,3	400	1,55
75	71,5	85,5	600	2,30
100	96,0	111,0	600	3,00
Граненые (РЗ-Ц-Х-Г . . .)				
115	113	125	850	4,0
125	123	135	850	4,2
150	148	160	1000	5,0
175	173	185	1100	6,0
200	198	210	1200	6,5

3.10. Техническая характеристика герметичных металлорукавов по ГОСТ 3575—75

Условный диаметр $d_у$, мм	Внутренний диаметр $d_{вн}$, мм	Наружный диаметр $d_н$, мм	Эксплуатационный радиус изгиба $r_и$, мм	Масса 1 м, кг
50	48	62	600	3,5
80	77	92	1100	5,4
100	97	113	1200	6,5

3.11. Техническая характеристика рукавов резиновых напорно-всасывающих с текстильным каркасом неармированных по ГОСТ 5398—76

Внутренний диаметр (номинальный) $d_{вн}$, мм	Длина манжеты $l_м$, мм	Минимальный радиус изгиба $r_и$, мм	Масса 1 м рукава класса Г (газы, воздух)
50	100	300	2,6
63,5	100	400	3,2
65	100	400	3,5
75	100	400	4,0
100	100	500	6,0
125	150	600	7,5
150	150	600	8,5

Внутренний диаметр (номинальный) $d_{вн}$, мм	Длина манжеты $l_м$, мм	Минимальный радиус изгиба $r_и$, мм	Масса 1 м рукава класса Г (газы, воздух)
160*	150	600	9,0
175*	150	900	9,8
180*	150	900	10,2
200	150	900	11,5
225*	200	1400	13,5
250	200	1400	15,3
275*	200	1600	17,2
300	200	3000	19,2
325*	200	3000	21,5

Примечания: 1. Диаметры рукавов, отмеченные знаком*, следует согласовывать при заказе с изготовителем. 2. Длину рукавов следует согласовывать с изготовителем, т. к. они выпускаются в основном длиной 4 м. 3. Манжета — участок рукава, предназначенный для соединения его с воздуховодами или патрубками; поверх манжеты устанавливается стяжной хомут.

3.12. Основные размеры лючков для прочистки

Диаметр воздуховода D, мм	A, мм	B, мм	C, мм	Количество болтов М12 × 30 с гайкой-барашком, шт.
100	100	200	80	6
110	100	200	90	6
125	100	200	100	6
140	100	200	110	6
160	100	200	120	6
180	100	200	130	6
200	200	200	140	8
225	200	200	150	8
250	200	200	160	8
280	200	200	180	8
315	200	200	200	8
355	200	200	215	8
400	200	200	240	8
450	200	200	265	8
500	500	500	290	12
560	500	500	320	12
630	500	500	350	12
710	500	500	400	12
800	500	500	440	12
900	500	500	490	12
1000	500	500	540	12
1120	500	500	620	12
1250	500	500	670	12
1400	500	500	740	12
1600	500	500	850	12

Лючки для прочистки. Для ревизии и прочистки трубопроводов в случае их закупорки на них через каждые 10—15 м, а также следом за отводами устраивают лючки. Чаще других делают лючки в виде отверстий с задвижками, однако такая конструкция не обеспечивает герметичности трубопроводной сети, что отрицательно сказывается на работе аспирационных систем.

Конструкция лючков, обеспечивающая полную герметичность и минимально влияющая на аэродинамическую характеристику трубопроводов (можно не учитывать при расчете сетей), представлена на рис. 3.9, в табл. 3.12 даны основные размеры лючков.

4. ТЯГОДУТЬЕВЫЕ МАШИНЫ

Тягодутьевыми машинами (ТДМ) в пылеулавливающих сооружениях деревообрабатывающих производств служат, как правило, радиальные пылевые вентиляторы. В тех системах аспирации, где тягодутьевая машина устанавливается после пылеулавливающего оборудования, т. е. на участке сети, где перемещается уже очищенный воздух, могут применяться вентиляторы общего назначения или другие тягодутьевые машины с низким допустимым содержанием твердых частиц в воздухе, проходящем через тягодутьевую машину. Однако системы аспирации имеют относительно большое расчетное значение гидравлического сопротивления, а давление, развиваемое пылевыми вентиляторами, выше, чем вентиляторами общего назначения, серийно выпускаемыми промышленностью, поэтому основной вид применяемых тягодутьевых машин — пылевые вентиляторы серийного изготовления типа В-ЦП и нестандартизированное тягодутьевое оборудование — вентиляторы ЦТД и др.

4.1. Вентиляторы В-ЦП

Пылевые вентиляторы типа В-ЦП предназначены для перемещения материаловоздушных смесей с содержанием механических примесей до 1 кг/м³ ($\mu=0{,}83$ для воздуха с $t=20$ °С, при барометрическом давлении 760 мм рт. ст. (1 атм.) и относительной влажности 50 %) и температурой до 80 °С. Вентиляторы изготавливают из углеродистой и из нержавеющей стали (для перемещения сред с агрессивностью по отношению к углеродистой стали выше агрессивности воздуха). В искрозащищенном исполнении не изготавливаются.

Вентиляторы выпускают правого и левого вращения: правого вращения — с рабочим колесом, вращающимся по часовой стрелке, если смотреть со стороны всасывания; левого вращения — против часовой стрелки. При необходимости корпус вентиляторов может быть установлен в любое из положений, указанных на рис. 4.1. Выпускаются вентиляторы с корпусом, установленным в положение «Пр 0°» или «Л0°».

Основные размеры вентиляторов приведены на рис. 4.2 и в табл. 4.1. Электродвигатель может располагаться слева (см. рис. 4.2) или справа от вентилятора.

Аэродинамические характеристики для подбора вентиляторов В-ЦП7-

40-5, В-ЦП7-40-6 и В-ЦП6-45-8 приведены соответственно на рис. 4.3, 4.4 и 4.5.

В табл. 4.2 приведены данные о комплектации вентиляторов В-ЦП электродвигателями.

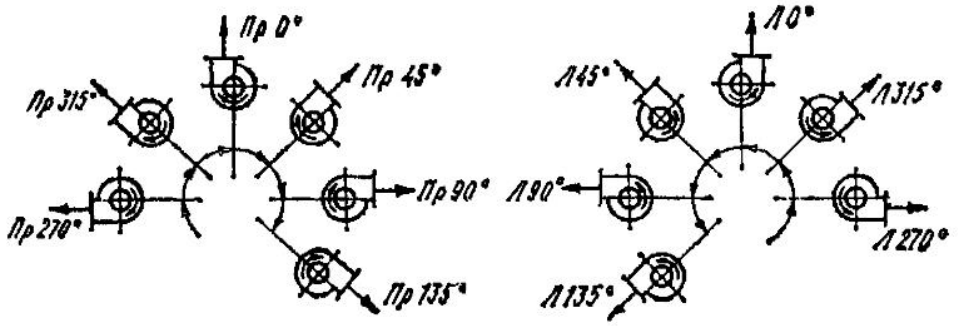


Рис 4.1. Схема положений корпуса вентиляторов

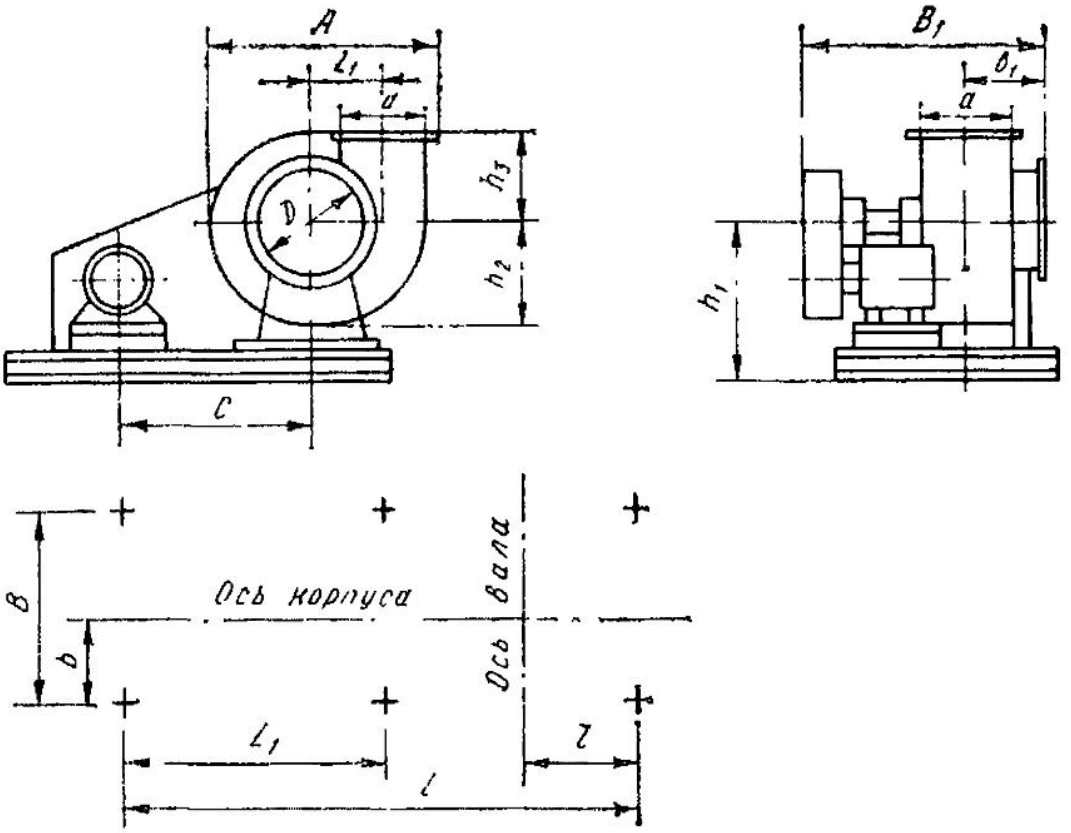


Рис. 4.2. Основные размеры вентиляторов В-ЦП7-40 и план расположения отверстий под болты

4.1. Основные размеры вентиляторов типа В-ЦП, мм

Вентилятор	L	L_1	l	B	b	A
В-ЦП7-40-5	1120	—	175	680	190	775
В-ЦП7-40-6	1290	—	200	766	222	923
В-ЦП6-45-8	1908	950	444	691	345,5	1222

Вентилятор	C	B_1	l_1	b_1	h_1	h_2	h_3	D	a
В-ЦП7-40-5	630—650	825	250	242	550	376	500	300	300
В-ЦП7-40-6	700—760	935	300	300	620	450	360	360	360
В-ЦП6-45-8	900—1000	970	400	302	900	560	508	676	480

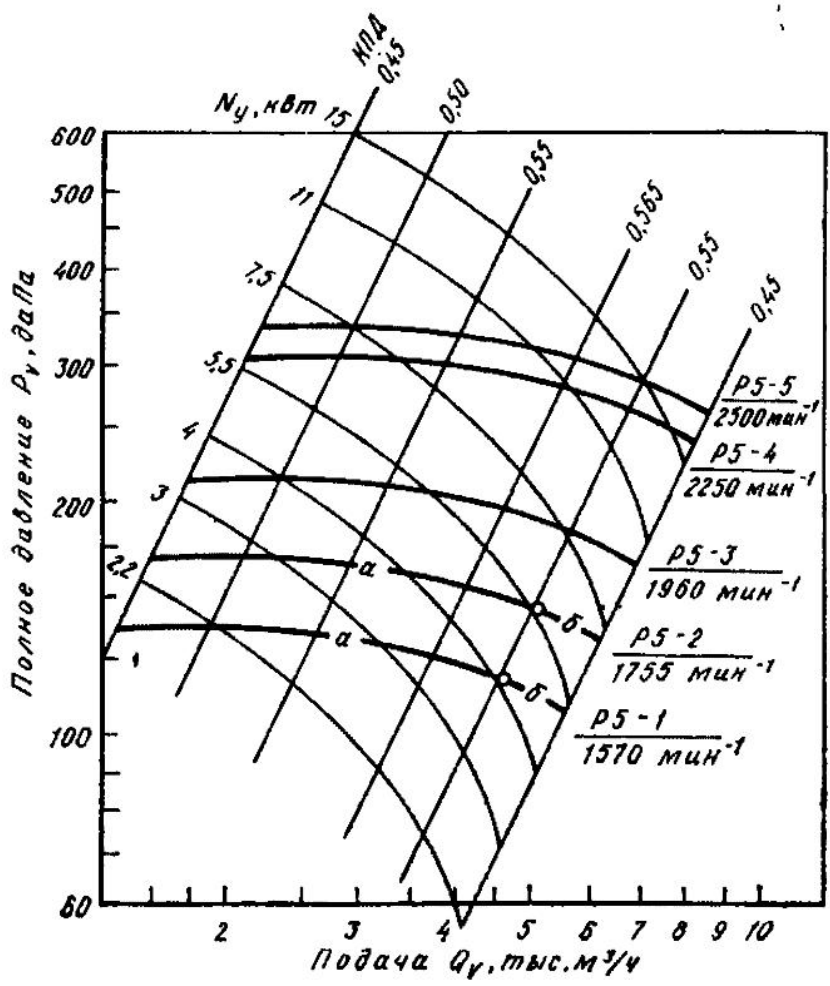


Рис. 4.3. Аэродинамическая характеристика вентилятора В-ЦП7-40-5

Пример подбора ТДМ. Описанный ниже процесс подбора ТДМ показан на рис. 4.5 штриховой и штрих-пунктирной линиями.

Расчетный расход воздуха аспирационной системы $Q_р = 15000$ м^3/ч; расчетное гидравлическое сопротивление системы аспирации (соответствующее расчетному расходу воздуха и материала) $p_р = 250$ даПа.

1. Находим на графической характеристике расчетную рабочую точку. Она является точкой пересечения абсциссы, соответствующей величине расчетного расхода воздуха, и ординаты, соответствующей величине расчетного сопротивления системы. Наибольшему значению КПД эта точка соответствует на графической характеристике вентилятора В-ЦП6-45-8

2. Поскольку расчетная рабочая точка не совпала ни с одной характеристической кривой, находим рабочую точку: через расчетную рабочую точку проводим линию КПД до пересечения с лежащей выше характеристической кривой П8-3а. Это и будет рабочей точкой вентилятора в данной сети, которой будут соответствовать фактические значения

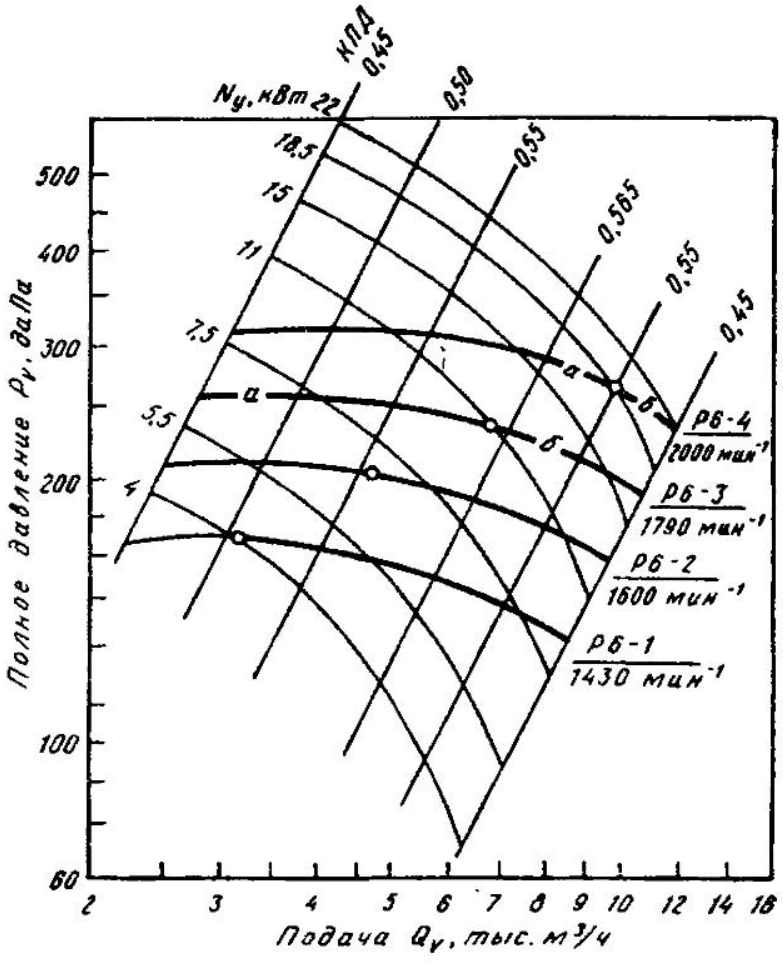


Рис. 4.4. Аэродинамическая характеристика вентилятора В-ЦП7-40-6

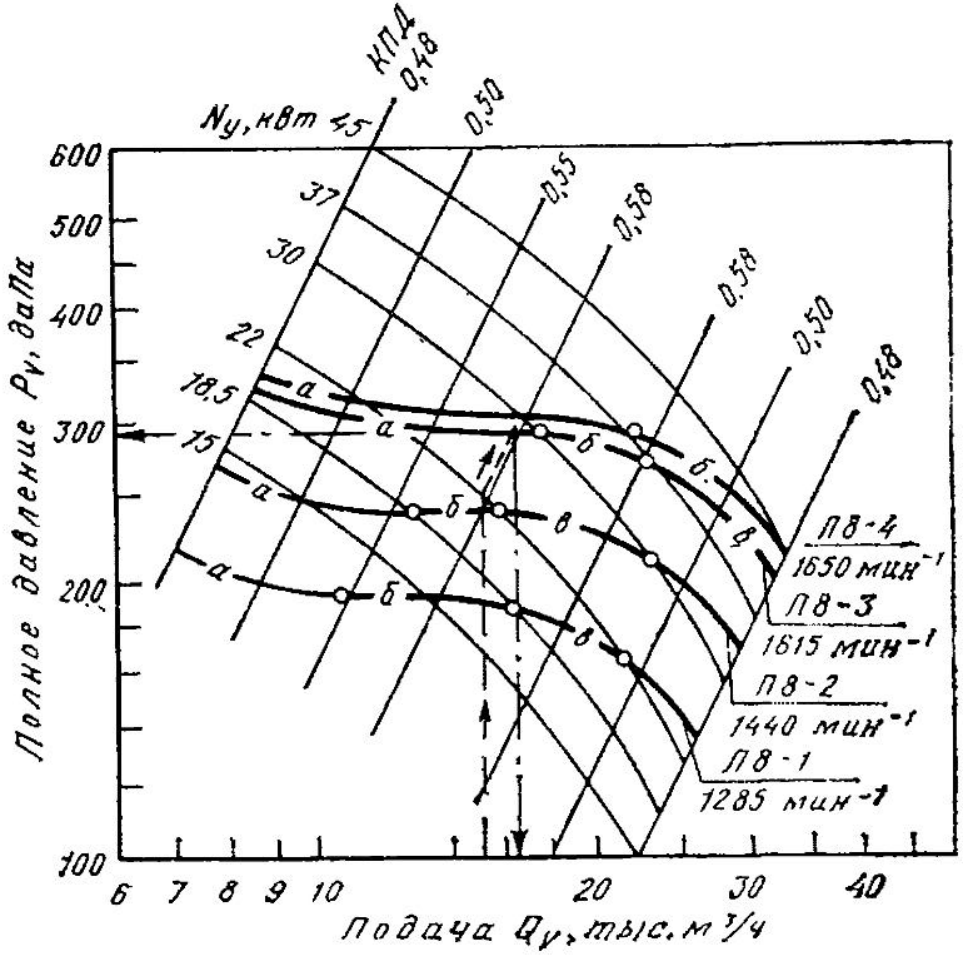


Рис. 4.5. Аэродинамическая характеристика вентилятора В-ЦП6-45-8

полного давления (сопротивления сети) и подачи вентилятора (расхода воздуха в системе): 290 даПа и 16500 м³/ч.

3 По рабочей точке находим в табл. 4.2 соответствующие данные для заказа ТДМ

4.2. Комплектация вентиляторов электродвигателями

Вентилятор			Электродвигатель			Масса с электродвигателем, кг
Тип	Обозначение участка характеристической кривой	Частота вращения $n_в$, мин$^{-1}$	Тип	Установочная мощность $N_у$, кВт	Частота вращения $n_э$, мин$^{-1}$	
ВЦП7-40-5	Р5-1а	1570	4А100L4	4	1430	284,8
	Р5-1б	1570	4А112М4	5,5	1445	293,0
	Р5-2а	1755	4А112М4	5,5	1445	293,0
	Р5-2б	1755	4А132S4	7,5	1455	324,0
	Р5-3	1960	4А132S4	7,5	1455	324,0
	Р5-4	2250	4А132М4	11	1460	337,0
	Р5-5	2500	4А160S4	15	1465	363,0
В-ЦП7-40-6	Р6-1	1430	4А132S4	7,5	1455	411,0
	Р6-2	1600	4А132М4	11	1460	424,0
	Р6-3а	1790	4А132М4	11	1460	424,0
	Р6-3б	1790	4А160S4	15	1465	450,0
	Р6-4а	2000	4А160М4	18,5	1465	473,0
	Р6-4б	2000	4А180S4	22	1470	5070
В-ЦП6-45-8	П8-1а	1285	4А160М6	15	1465	700
	П8-1б	1285	4А180М6	18,5	1465	725
	П8-1в	1285	4А200М6	22	1470	740
	П8-2а	1440	4А160М4	18,5	1465	730
	П8-2б	1440	4А180S4	22	1470	745
	П8-2в	1440	4А180М4	30	1470	785
	П8-3а	1615	4А180М4	30	1470	790
	П8-3б	1615	4А200М4	37	1475	885
	П8-3в	1615	4А200L4	45	1475	925
	П8-4а	1650	4А200М4	37	1475	895
	П8-4б	1650	4А200L4	45	1475	930

При заказе вентиляторов типа В-ЦП необходимо указывать: марку вентилятора, материал, направление вращения рабочего колеса, положение электродвигателя относительно корпуса (вид со стороны всасывания), частоту вращения рабочего колеса, а также тип, частоту вращения и мощность электродвигателя, например. вентилятор В-ЦП6-45-8, сталь углеродистая, Пр 0°, $n_в = 1615$ мин$^{-1}$ с электродвигателем 4А180М4, $N = 30$ кВт, $n_э = 1470$ мин$^{-1}$, электродвигатель — слева, без виброизоляторов.

4.2. Вентиляторы ЦТД

Радиальные пылевые вентиляторы типа ЦТД, применяемые в системах аспирации деревообрабатывающих производств, изготавливаются по индивидуальным заказам Московским экспериментальным заводом древесностружечных плит и деталей ВНПО «Союзнаучплитпром» Минлесбумпрома СССР как нестандартизированное оборудование Их назначение то же, что и вентиляторов В-ЦП. Концентрация взвешенных частиц в перемещаемом воздухе, проходящем через вентилятор, допускается до 1,2 кг на 1 кг воздуха. Основные конструктивные размеры по материалам за-

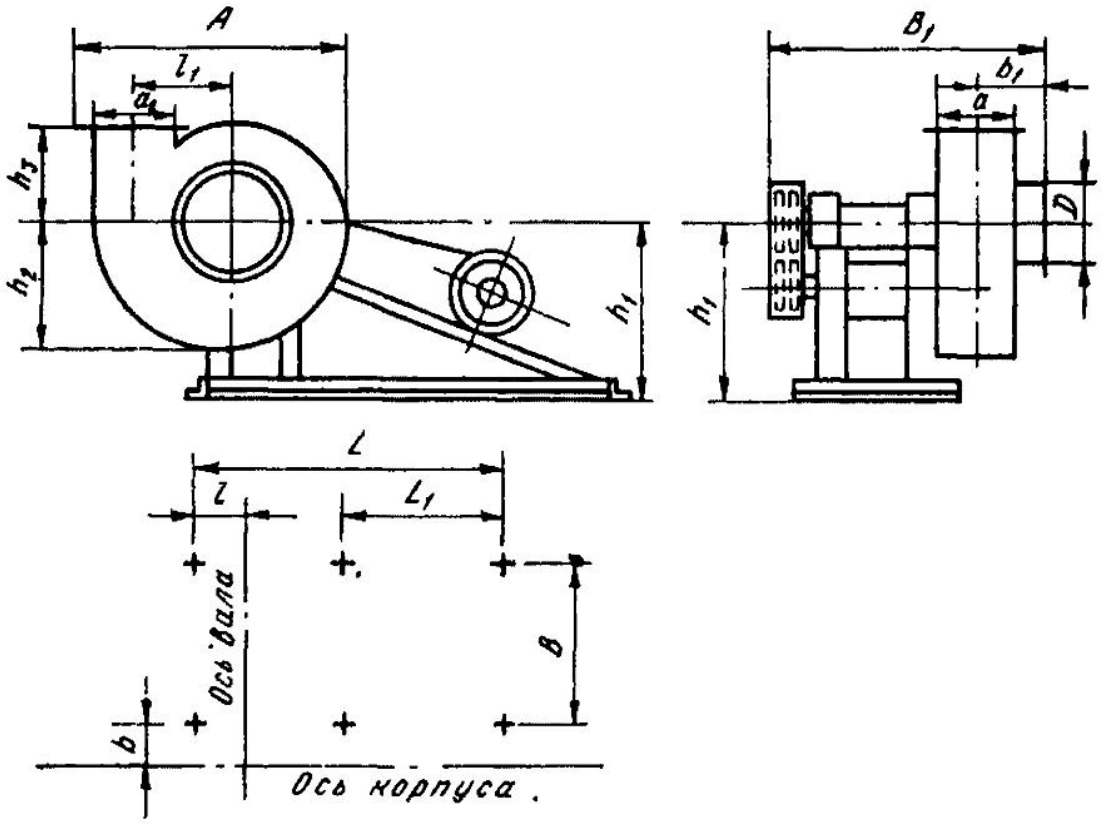


Рис. 4.6. Основные размеры вентиляторов ЦТД и план расположения отверстий под болты

вода приведены на рис. 4.6 и в табл. 4.3. Аэродинамические характеристики вентиляторов ЦТД представлены на рис. 4.7—4.12.

Вентиляторы, частоту вращения рабочего колеса по заданным значениям расхода воздуха и соответствующее сопротивление сети подбирают так же, как и в случае с вентиляторами В-ЦП.

Определение мощности электродвигателя, кВт, следует выполнять по формуле

$$N_{уст} \geqslant \frac{P_V Q_V}{102 \cdot 3600 \eta_в \eta_п}, \qquad (4.1)$$

где P_V, даПа, и Q_V, м³/ч,— значения полного давления и расхода

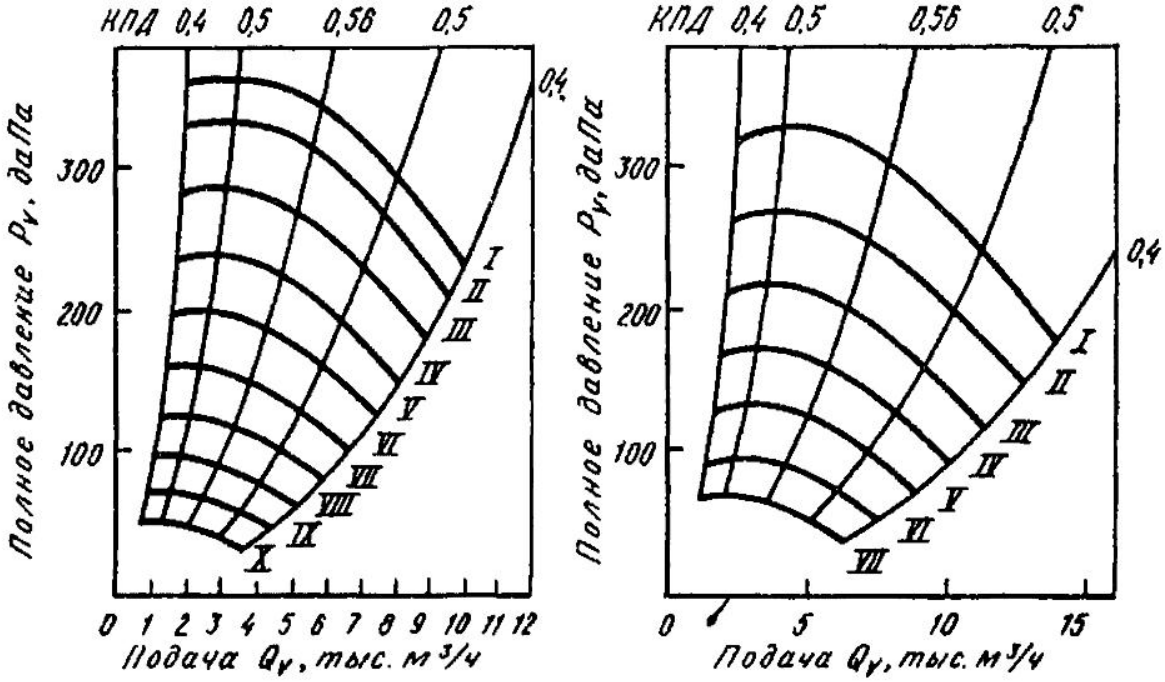


Рис. 4.7. Аэродинамическая характеристика вентилятора ЦТД № 5. Частота вращения, мин$^{-1}$

I - 2700; *II* — 2600; *III* — 2400; *IV* — 2200; *V* — 2000; *VI* — 1800, *VII* — 1600; *VIII* — 1400, *IX* — 1200; *X* — 1000

Рис. 4.8. Аэродинамическая характеристика вентилятора ЦТД № 6. Частота вращения, мин$^{-1}$:

I - 2200, *II* — 2000; *III* — 1800; *IV* — 1600, *V* — 1400; *VI* — 1200; *VII* — 1000

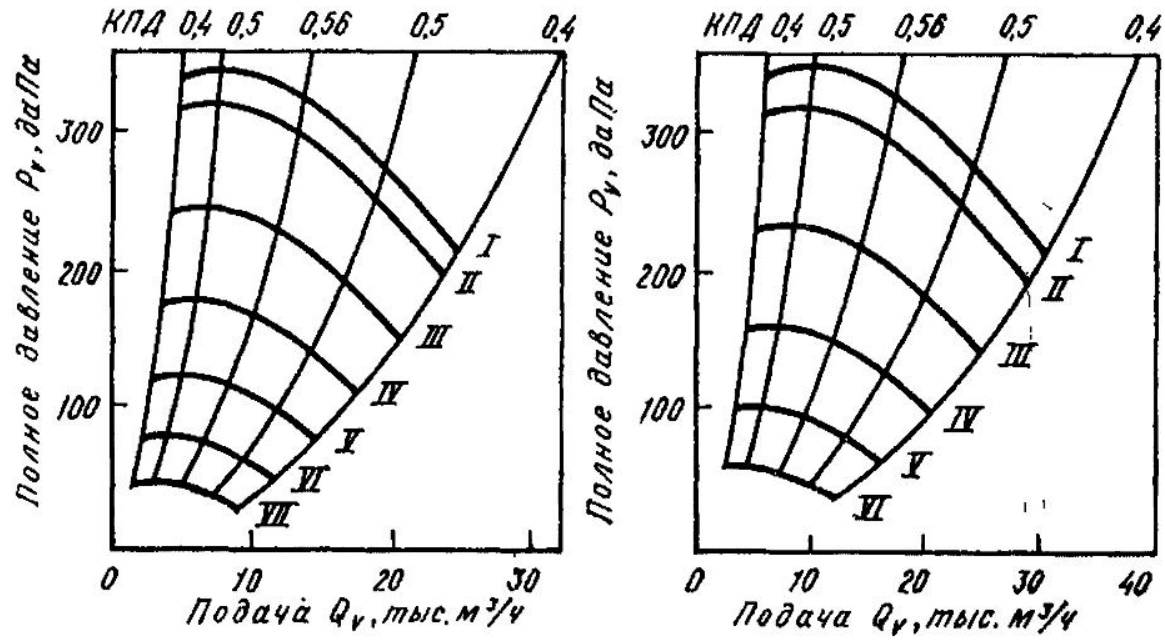


Рис 4.9. Аэродинамическая характеристика вентилятора ЦТД № 8. Частота вращения, мин$^{-1}$:

I — 1650; *II* — 1600; *III* — 1400; *IV* — 1200; *V* — 1000; *VI* — 800; *VII* — 600

Рис. 4.10. Аэродинамическая характеристика вентилятора ЦТД № 9. Частота вращения, мин$^{-1}$:

I — 1470; *II* — 1400; *III* — 1200, *IV* — 1000; *V* — 800; *VI* — 600

воздуха, соответствующие рабочей точке, т. е. точке пересечения выбранной характеристической кривой с характеристикой сети (кривая, совпадающая с кривой КПД вентилятора); $\eta_в$ — КПД вентилятора, определяемый по графической характеристике; $\eta_п$ — КПД передачи; для клиноременной передачи $\eta_п = 0{,}95$; для муфтовой — $\eta_п = 0{,}98$; для вентиляторов с рабочим колесом, насаженным на вал электродвигателя $\eta_п = 1$.

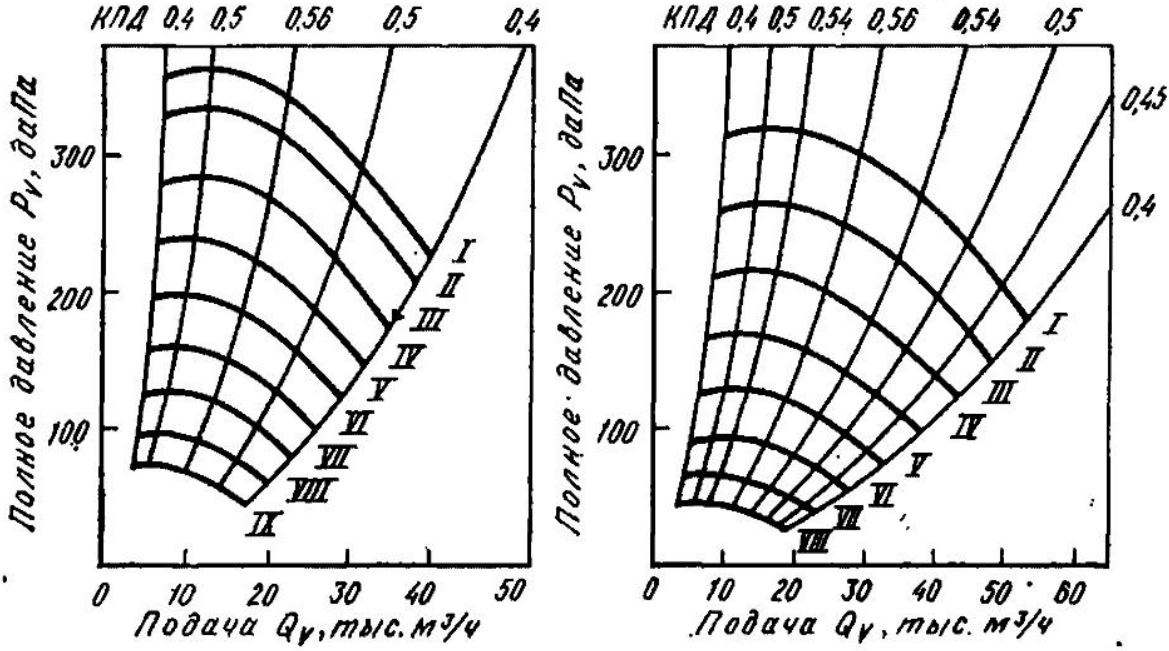


Рис. 4.11. Аэродинамическая характеристика вентилятора ЦТД № 10. Частота вращения, мин$^{-1}$:
I — 1350; *II* — 1300; *III* — 1200; *IV* — 1100; *V* — 1000; *VI* — 900; *VII* — 800; *VIII* 700; *IX* — 600

Рис. 4.12. Аэродинамическая характеристика вентилятора ЦТД № 12. Частота вращения, мин$^{-1}$:
I — 1100; *II* — 100; *III* — 900; *IV* — 800; *V* — 700; *VI* — 600; *VII* — 500; *VIII* — 400

4.3. Основные размеры вентиляторов ЦТД

№ вентилятора	Размеры, мм								
	L	L_1	l	B	b	A	B_1	l_1	b_1
5	1630	—	127	570	104	891	921	368,5	224
6	1630	—	127	570	121	1032	1026	385	253
8	2290	1145	318	790	179	1481	1578	545	378
9	2290	1145	318	790	203	1650	1580	628	395
10	2520	1285	340	880	208	1875	1846	696	470
12	2920	1460	340	880	269	2055	1880	780	495

№ вентилятора	Размеры, мм						Шкив		Масса, кг
	h_1	h_2	h_3	D	a	a_1	Диаметр, мм	Число и тип ремней, шт.	
5	680	426	332	293	250	295	200	3Б	287
6	680	503	364	343	290	350	200	4	300
8	1020	713	560	475	400	510	315	4Г	753
9	1020	800	605	535	448	545	315	5Г	804
10	1010	892	670	595	510	600	315	8Г	910
12	1200	1010	730	580	580	700	282	6Д	1272

5. ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Аспирационный воздух в смеси с удаляемыми от технологического оборудования материалами — один из видов технологических выбросов в атмосферу на современных деревообрабатывающих производствах. Содержащаяся в этих выбросах древесная и другая пыль загрязняет атмосферный воздух. Кроме того, пыль и другие измельченные материалы, входящие в состав аспирационных выбросов,— опилки, стружка,— являясь отходами в одних технологических процессах, могут служить сырьем для других Поэтому в системах аспирации, как правило, применяются аппараты для улавливания твердых частиц или для очистки аспирационных выбросов.

В зависимости от условий очистки (объема выброса, качественного и количественного состава твердых частиц до очистки, допустимой величины концентрации после очистки и других факторов) принимается та или иная схема очистки и выбирается то или иное пылеулавливающее оборудование. Схемы очистки определяются числом ступеней и способом очистки (мокрый или сухой).

Улавливание опилок и стружки не представляет сложной технической проблемы и обеспечивается полностью всеми применяемыми пылеулавливающими аппаратами при условии правильной их эксплуатации. Улавливание пыли — достаточно сложная техническая задача. К тому же содержание пыли в выбросах и в атмосферном воздухе регламентируется соответственно строительными нормами и правилами и санитарными нормами. Поэтому все приведенные ниже параметры, формулы и понятия, относящиеся к очистке выбросов, подразумевают только улавливание пылевидных частиц, т. е. частиц с медианным диаметром до 200 мкм.

5.1. Оценка эффективности пылеулавливающего оборудования

Основным показателем, характеризующим работу пылеулавливающих аппаратов в конкретных условиях их применения, является степень очистки η, %:

$$\eta = \frac{G_{ул}}{G_{вх}} 100, \tag{5.1}$$

где $G_{ул}$ — масса частиц пыли, улавливаемых в аппарате в единицу времени; $G_{вх}$ — масса частиц пыли, поступающих в аппарат, в единицу времени.

Отношение $G_{ул}/G_{вх}$ — это коэффициент очистки K

Для оценки конечной запыленности выбросов и в других случаях удобнее оперировать коэффициентом проскока E

$$E = \frac{G_{вх} - G_{ул}}{G_{вх}}. \tag{5.2}$$

Если считать, что объем воздуха, поступающего в аппарат в единицу времени, равен объему воздуха на выходе из аппарата, т. е. отсутствуют подсосы и утечки воздуха в пределах аппарата, то коэффициент проскока можно представить как отношение расходной концентрации пыли на выходе из аппарата C_2, мг/м^3, к расходной концентрации на входе в аппарат C_1, мг/м^3:

$$E = C_2/C_1. \tag{5.3}$$

5.2. Пылеулавливающие аппараты и их характеристики

5.2.1. Циклоны

Циклонами называют аппараты, в которых отделение твердых частиц от газа (воздуха) осуществляется за счет использования центробежной силы, развивающейся при вращательно-поступательном движении материало-воздушного потока и прижимающей частицы к стенке циклона. При этом частицы теряют кинетическую энергию потока и под воздействием гравитационных сил опускаются в направлении выгрузного отверстия циклона.

Циклоны — наиболее распространенный вид пылеулавливающих аппаратов в деревообрабатывающих производствах. Достоинства циклонов: простота изготовления и обслуживания, небольшие капитальные затраты. Недостатки: ограниченные возможности для тонкой очистки и колебания относительных показателей степени очистки — коэффициента очистки K и коэффициента проскока E — в зависимости от изменения расхода воздуха и начальной запыленности воздуха.

До конца 70-х годов в деревообрабатывающей промышленности применялись разные типы циклонов: типа Ц Гипродревпрома, типа К Клайпедского ОЭКДМ, ЛТА, Гипродрева, УЦ 38 и др. При этом технические характеристики циклонов были исследованы крайне ограниченно. Наиболее удачным аппаратом оказался циклон УЦ-38, или циклон Мельстроя. На его основе Ленинградской лесотехнической академией им. С. М. Кирова была разработана и всесторонне исследована конструкция циклонов типа УЦ, а Гипродревпромом разработана рабочая документация на 15 типоразмеров этих циклонов (каждый типоразмер — в четырех модификациях).

Циклоны УЦ. Циклоны типа УЦ предназначены для очистки технологических выбросов в атмосферу от сухих неслипающихся неволокнистых пылей, а также смесей пыли с опилками и стружкой — отходов деревообрабатывающих производств категорий А, Б, В, Г и Д по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности.

Конструкция циклонов УЦ позволяет получать любую из четырех модификаций циклонов каждого калибра путем несложной монтажной операции, состоящей в установке выхлопного патрубка соответствующего диаметра без демонтажа самих циклонов. С увеличением номера модификации при прочих равных условиях (входная скорость, начальная запыленность) уменьшается коэффициент очистки, но уменьшается и показатель энергоемкости аппарата — его гидравлическое сопротивление. Эта особенность конструкции циклонов УЦ дает возможность за счет дифференцированного подхода в значительной степени оптимизировать проектные решения при подборе циклонов

В комплект циклона типа УЦ входит зонт (при работе циклона под избыточным давлением и непосредственном выбросе в атмосферу) или улитка (при работе циклона под разрежением). Конструктивные размеры циклонов, зонтов и улиток приведены соответственно на рис. 5.1, 5.2, 5.3 и в табл. 5.1, 5.2 и 5.3.

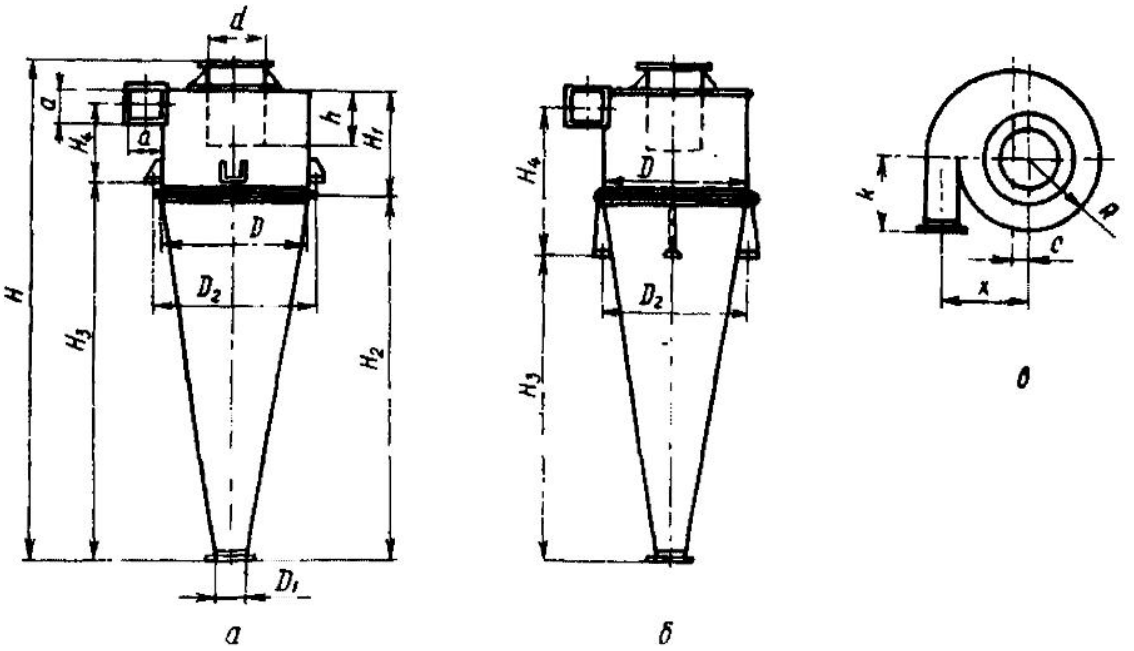


Рис 5 1. Циклоны УЦ·
а — УЦ 500 — УЦ 630, УЦ 1200 — УЦ 1400, *б* — УЦ 710—УЦ 1100, УЦ 1500—УЦ2000

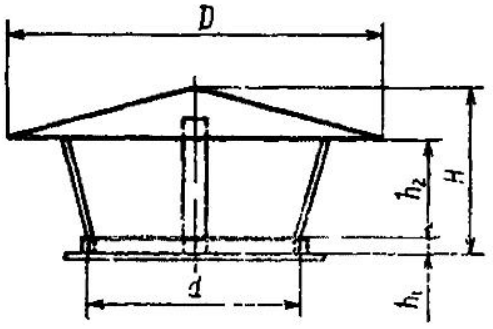


Рис. 5.2. Зонты к циклонам УЦ

5.1. Размеры циклонов типа УЦ

Циклон (калибр)	D, мм	D_1, мм	D_2, мм	d, мм № модификации 1	2	3	4	H, мм	H_1, мм	H_2, мм	H_3, мм	H_4, мм
УЦ 500	500	100	644	190	225	263	300	2040	395	1400	1409	328,5
УЦ 560	560	112	704	213	252	294	336	2257	443	1568	1577	369
УЦ 630	630	126	774	239	284	331	378	2504	499	1764	1735	450
УЦ 710	710	142	710	270	320	373	426	2698	568	1988	1562	905
УЦ 800	800	160	800	304	360	420	480	3040	640	2240	1760	1020
УЦ 900	900	180	900	342	405	473	540	3370	700	2500	2000	1087,5
УЦ 1000	1000	200	1000	384	450	525	600	3800	800	2800	2300	1175
УЦ 1100	1100	220	1100	424	495	573	660	4220	900	3100	2600	1262,5
УЦ 1200	1200	240	1354	456	540	630	720	4570	950	3360	3370	797
УЦ 1300	1300	260	1454	494	585	683	780	4930	1040	3640	3650	864,5
УЦ 1400	1400	280	1554	532	630	735	840	5290	1120	3920	3930	932
УЦ 1500	1500	300	1500	574	675	788	900	5720	1200	4200	3700	1512,5
УЦ 1600	1600	320	1600	608	720	840	960	6010	1280	4480	3980	1072
УЦ 1800	1800	360	1800	684	810	945	1080	6880	1450	5050	4550	1725
УЦ 2000	2000	400	2000	760	900	1050	1200	7450	1600	5600	5100	1342

Продолжение

Циклон (калибр)	h, мм	k, мм	a, мм	R, мм	C, мм	x, мм	V, м³	Масса, кг			
								№ модификации			
								1	2	3	4
УЦ 500	250	250	125	250	63	313	0.19	70,5	70,3	70,3	70,0
УЦ 560	280	280	140	280	70	350	0.27	82,0	83,5	83,5	83,0
УЦ 630	315	315	158	315	79	394	0.38	95,0	96,0	96,0	96,0
УЦ 710	355	355	178	355	89	444	0.55	120,0	121,0	122,0	121,0
УЦ 800	400	400	200	400	100	500	0,79	140,0	141,0	142,0	141,0
УЦ 900	450	450	225	450	112	562	1,1	182,0	184,0	185,5	183,5
УЦ 1000	500	500	250	500	125	625	1.54	225.0	227,0	228,0	227,0
УЦ 1100	550	550	275	550	137	687	2.07	288,0	294,0	288,0	285,0
УЦ 1200	600	600	300	600	152	754	2.64	317,2	318,5	323,0	317,6
УЦ 1300	650	650	325	650	164,5	816,5	3,38	368,0	372,0	375,0	369,0
УЦ 1400	700	700	350	700	177	879	4.22	418,4	422,7	425,7	419,7
УЦ 1500	750	750	375	750	187	937	5.19	466,0	471,0	473,5	470,2
УЦ 1600	800	800	400	800	202	1004	6,29	517,0	521,3	524,0	515,0
УЦ 1800	900	900	450	900	225	1125	8,99	670,0	680,0	685,0	681,0
УЦ 2000	1000	1000	500	1000	252	1254	12,29	799,5	805,8	809,2	798,3

5.2. Размеры зонтов

Зонт	d, мм				D, мм				H, мм	
	№ модификации				№ модификации				№ модификации	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
ЗТ 500	194	229	267	304	340	410	480	540	140	170
ЗТ 560	217	256	298	340	390	460	530	610	160	190
ЗТ 630	240	284	330	378	440	520	600	680	180	215
ЗТ 710	274	324	374	434	500	580	675	780	210	240
ЗТ 800	304	360	420	480	540	650	760	870	220	265
ЗТ 900	344	409	474	544	600	755	880	990	275	335
ЗТ 1000	384	454	529	604	640	740	820	1040	300	385
ЗТ 1100	424	499	584	664	740	800	885	970	335	415
ЗТ 1200	460	544	634	724	820	970	1130	1300	340	400
ЗТ 1300	498	589	687	784	890	1050	1230	1400	370	430
ЗТ 1400	536	634	739	844	960	1130	1320	1510	395	465
ЗТ 1500	574	679	804	904	1000	1180	1400	1510	455	535
ЗТ 1600	612	724	844	964	1090	1300	1510	1730	450	535
ЗТ 1800	686	811	946	1081	1170	1480	1580	1820	475	560
ЗТ 2000	764	904	1054	1204	1370	1620	1890	2160	565	665

Продолжение

Зонт	H, мм		h, мм				Масса, кг			
	№ модификации		№ модификации				№ модификации			
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ЗТ 500	200	220	95	115	135	150	4,1	5,2	6,4	7,6
ЗТ 560	220	250	110	130	150	170	4,8	6,0	7,4	9,0
ЗТ 630	245	280	120	145	165	190	5,7	7,2	8,8	10,7
ЗТ 710	278	322	140	160	185	215	7,0	8,4	10,3	12,6
ЗТ 800	310	355	150	180	210	240	7,6	10,0	12,6	15,5
ЗТ 900	405	475	195	233	287	343	9,4	13,5	16,1	20,5
ЗТ 1000	465	524	215	285	355	400	11,1	13,3	15,8	19,5
ЗТ 1100	495	573	235	305	375	443	14,9	15,8	19,9	23,6
ЗТ 1200	465	535	230	270	315	360	16,1	20,8	26,5	33,1
ЗТ 1300	505	580	250	290	340	390	18,0	23,5	30,2	37,4
ЗТ 1400	545	620	265	315	370	420	20,4	26,4	35,7	44,4
ЗТ 1500	635	715	335	395	470	525	22,6	29,4	38,8	46,8
ЗТ 1600	620	710	305	360	420	480	27,1	35,5	45,0	56,2
ЗТ 1800	650	750	320	360	440	500	28,5	37,2	47,5	60,6
ЗТ 2000	780	890	380	450	525	600	38,7	50,6	65,5	82,0

Гидравлические (аэродинамические) характеристики циклонов приведены на рис. 5.4—5.18.

Методику подбора циклонов и пример расчета см. в гл. 6.

Циклоны РИСИ. Конструкция циклонов типа РИСИ разработана и исследована коллективом авторов в Ростовском (Ростов-на-Дону)

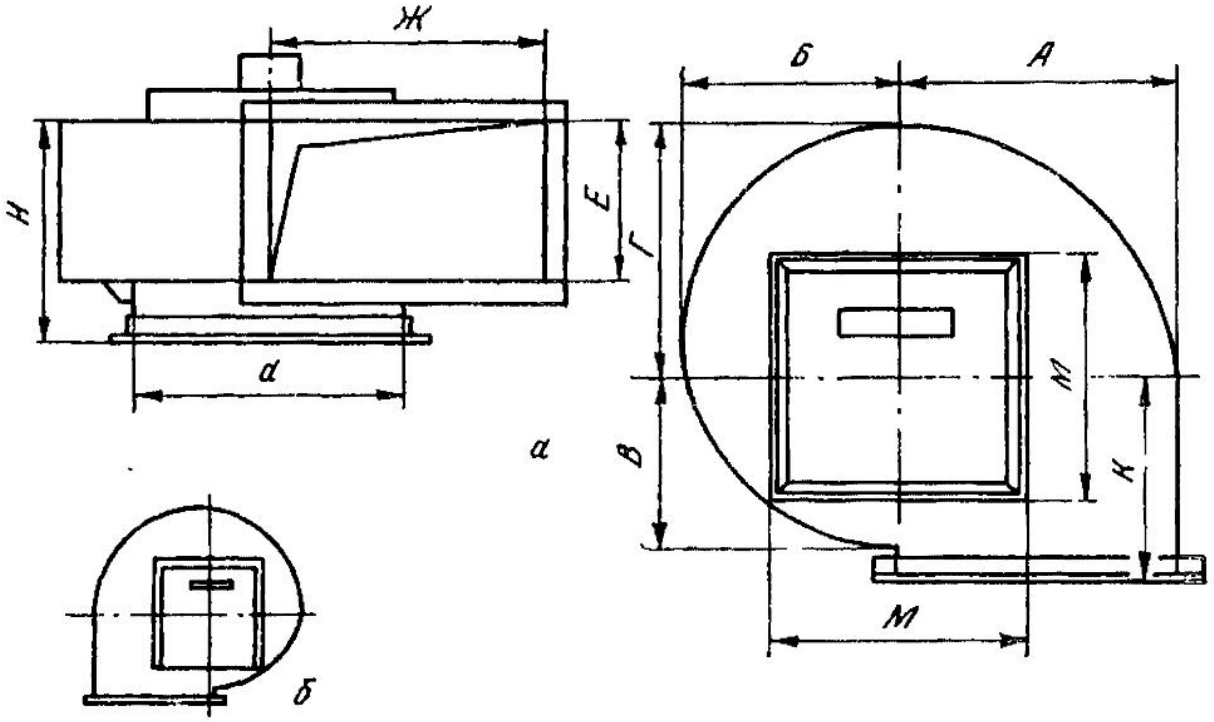
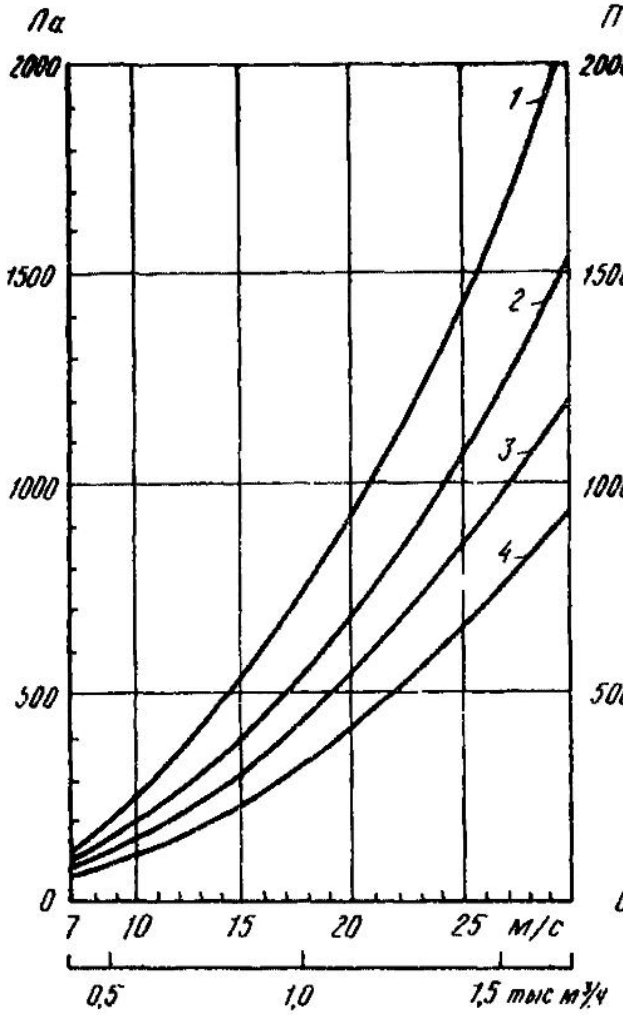


Рис. 5.3 Улитки к циклонам УЦ



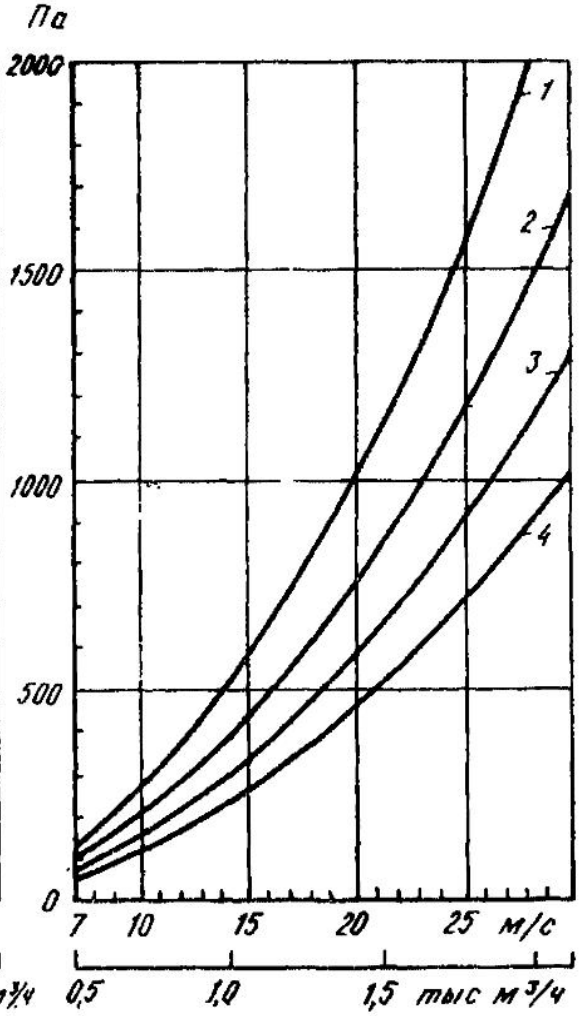


Рис. 5.4. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 500 модификаций 1—4

Рис. 5.5. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 560 модификаций 1—4

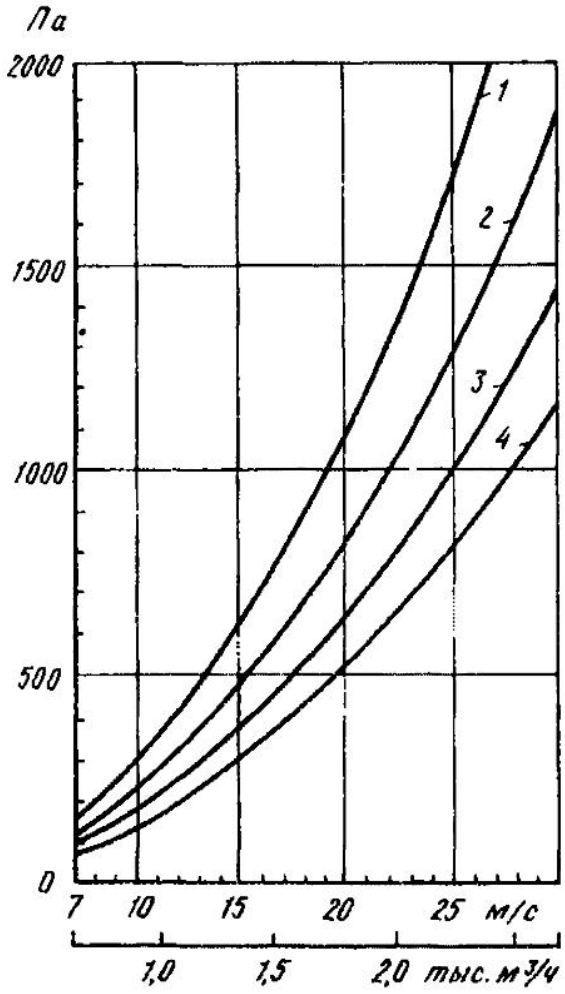
5.3. Размеры улиток

Улитка	*d*, мм				*А*, мм	*Б*, мм	*В*, мм	*Г*, мм	*Е*, мм			
	№ модификации								№ модификации			
	1	2	3	4					1	2	3	4
У 500	190	225	263	300	259,5	209,5	184,5	234,5	88	122	166	218
У 560	213	252	294	336	297	237	207	267	96	136	184	241
У 630	240	284	330	378	317	257	227	287	116	160	218	280
У 710	270	320	370	430	339,5	269,5	234,5	307,5	140	190	257	347
У 800	304	360	420	480	402	322	282	362	146	204	277	361
У 900	340	405	470	540	427,5	337,5	292,5	382,5	170	242	324	432
У 1000	380	450	525	600	475	375	322	422	192	270	368	480
У 1100	420	496	580	660	525	413	354	466	214	297	408	526
У 1200	456	540	630	720	592	472	412	532	222	309	422	551
У 1300	494	585	683	780	639,5	509,5	444,5	574,5	242	339	462	601
У 1400	532	630	735	840	687	547	477	617	258	363	494	646
У 1500	570	676	800	900	697,5	547,5	469,5	619,5	294	414	581	738
У 1600	608	720	840	960	782	622	542	702	297	417	566	741
У 1800	686	811	946	1081	835	655	562	742	357	498	681	884
У 2000	760	900	1050	1200	972	772	672	872	375	526	716	936

Продолжение

Улитка	Ж, мм	К, мм	М, мм	H, мм				Масса, кг			
				№ модификации				№ модификации			
				1	2	3	4	1	2	3	4
У 500	259	224	270	192	226	270	322	15,2	16,2	17,5	19,0
У 560	295	246	300	200	240	288	345	17,3	18,7	20,2	21,9
У 630	316	265	320	220	304	362	430	20,0	21,0	23,0	25,0
У 710	336	300	300	240	290	357	447	23,4	25,2	27,4	30,5
У 800	400	320	400	250	308	381	465	27,0	29,0	32,0	35,0
У 900	426	360	325	274	346	428	536	32,4	35,5	39,1	43,0
У 1000	470	380	365	296	374	472	584	37,5	40,9	45,1	49,6
У 1100	518	420	420	318	401	512	630	46,1	50,0	55,6	61,0
У 1200	590	460	500	326	413	526	655	59,1	63,9	69,9	76,5
У 1300	634	495	520	346	443	566	705	65,5	71,1	78,8	85,2
У 1400	686	525	570	362	467	598	750	68,1	74,4	81,9	90,7
У 1500	696	540	550	398	518	685	842	69,4	76,4	85,4	94,4
У 1600	781	590	650	401	421	670	845	90,3	98,1	107,3	118,0
У 1800	828	630	775	461	602	785	988	91,4	98,7	111,3	122,7
У 2000	968	720	800	479	630	820	1040	132,1	143,5	157,4	173,2

инженерно-строительном институте — РИСИ. Циклоны предназначены для очистки технологических выбросов в атмосферу от всех видов волокнистой и слипающейся пыли, в частности отходов полирования лаковых покрытий с применением паст. Расширяющаяся книзу нижняя коническая часть циклона исключает опасность закупорки выпускного отверстия. Такая опасность является серьезным недостатком при использовании циклонов



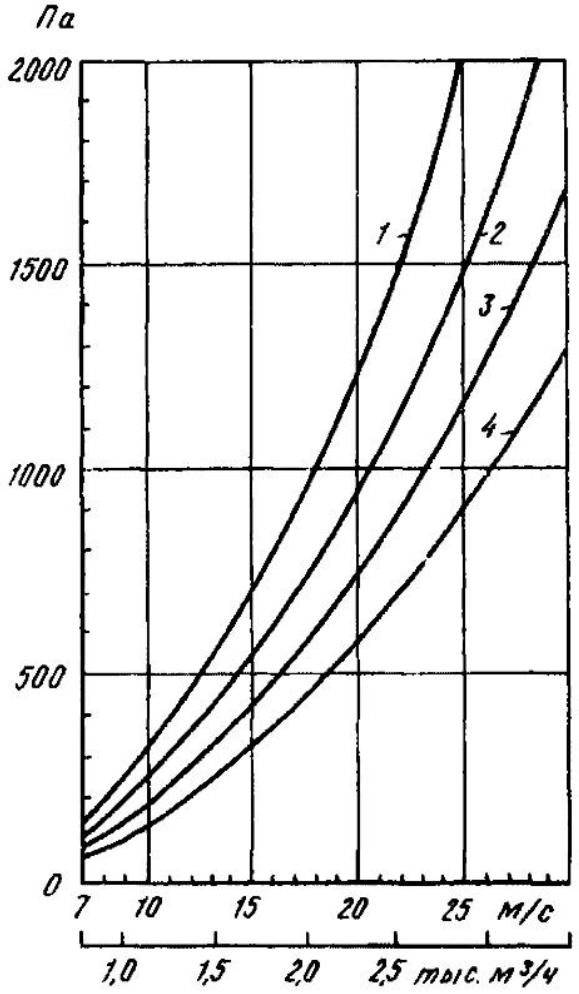


Рис. 5.6. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 630 модификаций 1—4

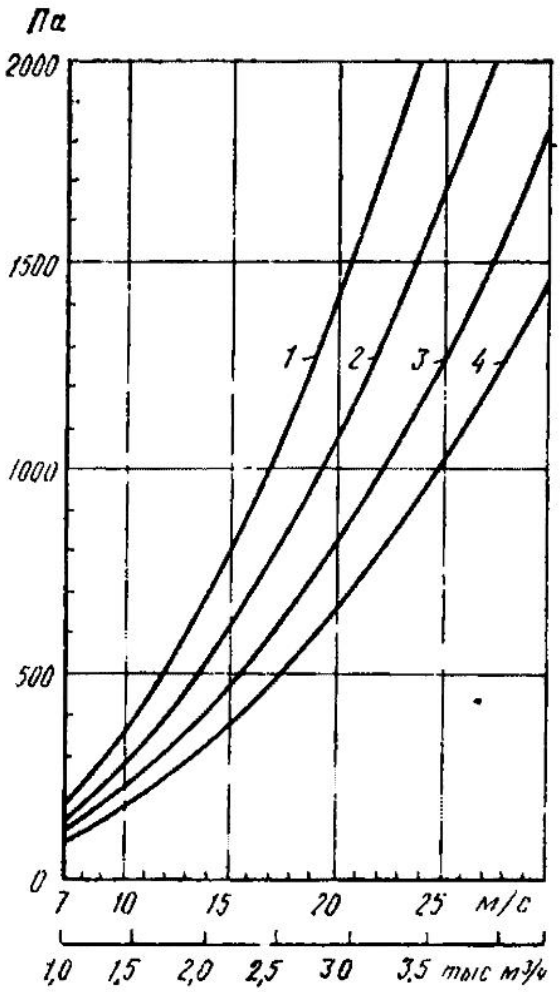
Рис. 5.7. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 710 модификаций 1—4

типа УЦ для улавливания волокнистых и слипающихся пылей. Расположенная выше сужающаяся книзу короткая коническая часть циклона — конус-коагулятор — способствует сцеплению отдельных частиц с образованием так называемых агрегатов, что затрудняет унос частиц пыли из циклона и увеличивает степень очистки выбросов.

В связи с налипанием отходов полирования на внутренние поверхности стенок воздуховодов целесообразно устанавливать пылеулавливающие аппараты в непосредственной близости от технологического оборудования, сокращая тем самым до минимума протяженность участков возду-

ховодов, которые требуется систематически разбирать и собирать для очистки. Конструктивные размеры циклонов РИСИ приведены на рис. 5.19 и в табл. 5.4.

Рабочие чертежи циклонов РИСИ, а также циклонных установок с использованием этих аппаратов разработаны Гипродревпромом. Конструктивные размеры установок и их элементов приведены на рис. 5.20—



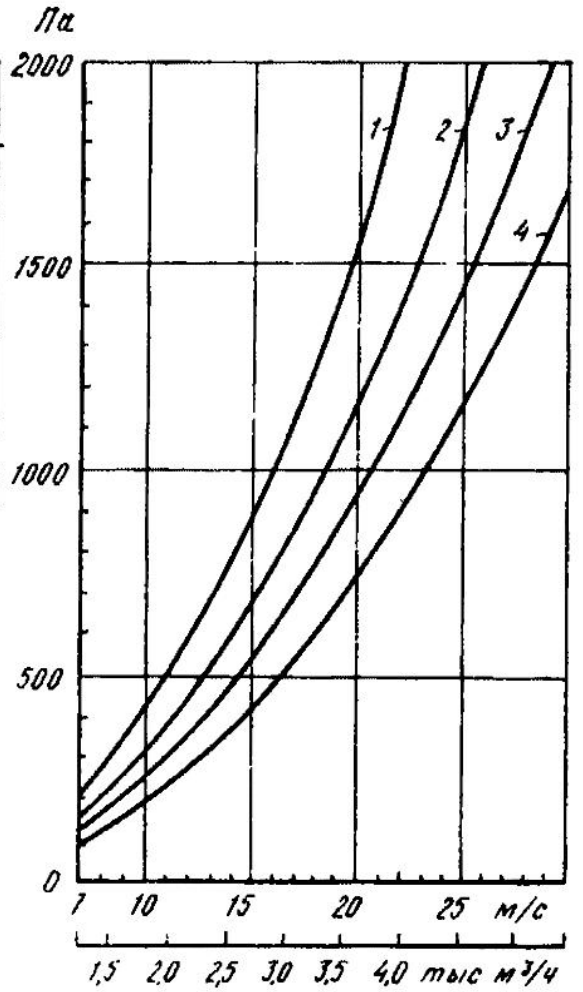


Рис. 5.8. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 800 модификаций 1—4

Рис 5.9 Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 900 модификаций 1—4

5.23 и в табл. 5.5—5.8. В некоторых случаях целесообразно из конструктивных соображений присоединять горизонтально расположенный коллектор очищенного воздуха к циклонам при помощи улиток, что уменьшает высоту установки. Размеры улиток приведены на рис. 5.24 и в табл. 5.9.

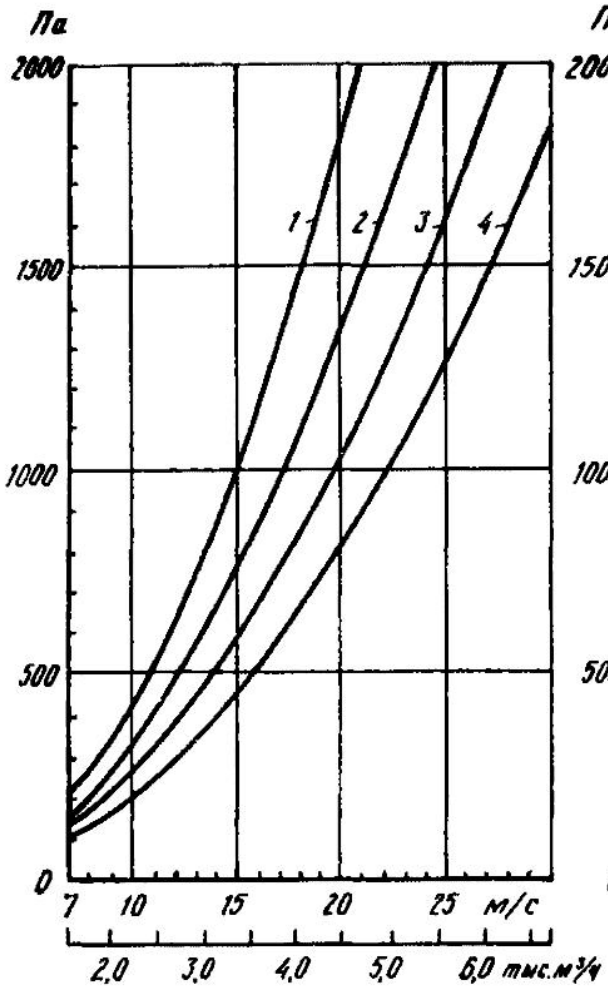
Гидравлическая аэродинамическая характеристика циклонов РИСИ приведена в виде графика на рис. 5.25, а сепарационная характеристика — в виде графика на рис. 5.26.

Циклоны типа К. Циклоны типа К или Клайпедского ОЭКДМ широко применялись в 50—70-х годах на предприятиях деревообрабатывающей промышленности. По сравнению с другими распространенными цик-

5.4. Размеры циклонов типа РИСИ

Циклон РИСИ	Номинальная производительность, м³/ч	Размеры, мм														К × Ж, м²	Масса, кг
		А	Б	В	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	Е	Ж	К	Л	М		
№ 2	328	900	500	200	100	200	150	200	274	135	50	48	100	200	368	0,0048	14,44
№ 3	752	1250	700	300	150	300	200	300	374	185	50	73	150	250	468	0,011	25,83
№ 4	752	1500	800	400	150	300	250	300	374	185	100	73	150	300	468	0,011	31,35
№ 5	1340	1750	900	500	200	400	300	400	474	235	100	98	200	350	568	0,0196	45,87
№ 6	2107	2000	1000	600	250	500	350	500	574	285	100	123	250	400	668	0,0308	62,97
№ 7	3037	2350	1200	700	300	600	400	600	674	335	100	148	300	450	768	0,0444	84,96
№ 8	4145	2700	1400	800	350	700	450	700	774	385	100	173	350	500	868	0,0606	107,18
№ 9	5417	3050	1600	900	400	800	500	800	874	435	100	198	400	550	968	0,0792	138,69
№ 10	6860	3400	1800	1000	450	900	650	900	974	485	100	223	450	600	1068	0,1003	177,26
№ 11	8482	3750	2000	1100	500	1000	700	1000	1074	535	100	248	500	650	1168	0,124	213,29

Примечание. Указанная в таблице производительность соответствует скорости в сечении входного патрубка 19 м/с.



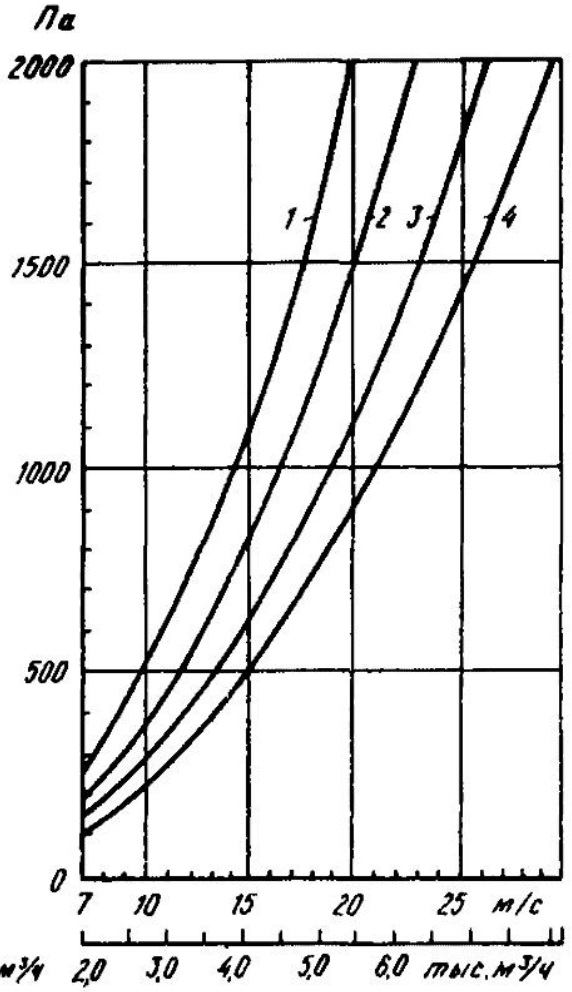


Рис. 5.10. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 1000 модификаций 1—4

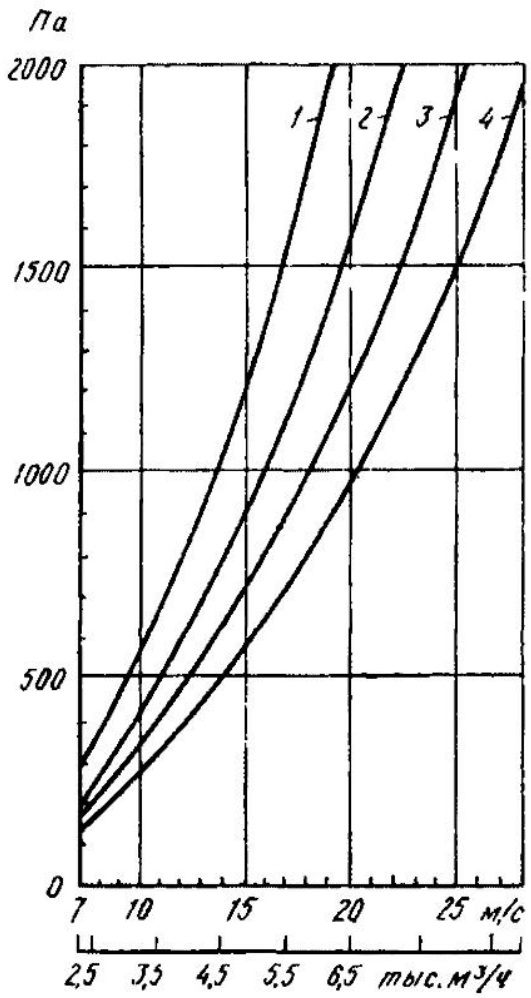
Рис. 5.11. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 1100 модификаций 1—4

лонами циклоны типа К обладают преимуществом, имевшим в то время решающее значение: наименьшим коэффициентом гидравлического сопротивления.

5.5. Габаритные размеры циклонной установки

Циклон РИСИ	H, мм	H_1, мм	Масса, кг
№ 2	2597	2827	68,0
№ 3	2922	3222	83,8
№ 4	3242	3472	89,3
№ 5	3537	3767	107,9
№ 6	3925	4155	133,9
№ 7	4348	4578	161,4
№ 8	4786	5016	244,3
№ 9	5185	5415	290,3
№ 10	5628	5858	337,9
№ 11	6095	6325	387,8

С конца 70-х годов, когда усилилось внимание к охране атмосферного воздуха от загрязнения технологическими выбросами, в том числе пылью, стали заметнее более высокие характеристики пылеулавливания циклонов УЦ 38 Необходимость достижения требуемой степени очистки



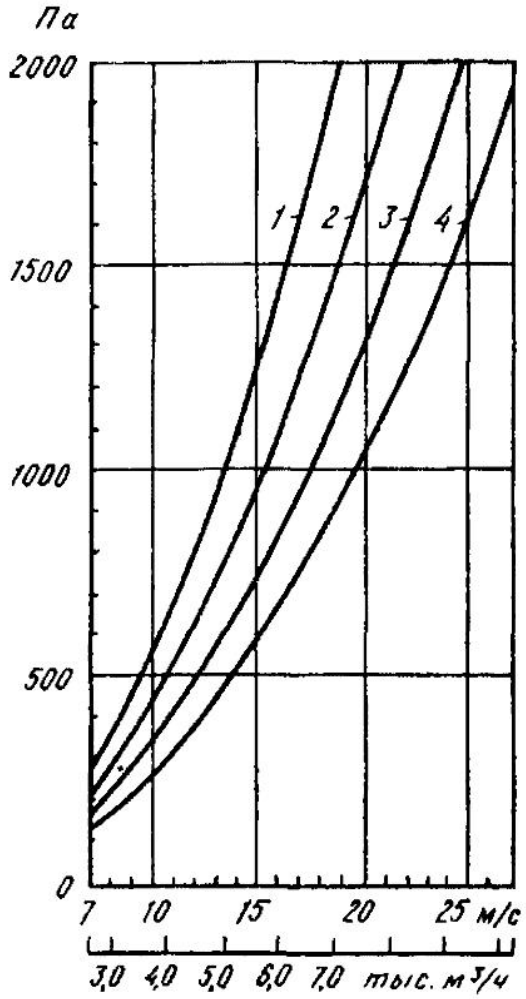


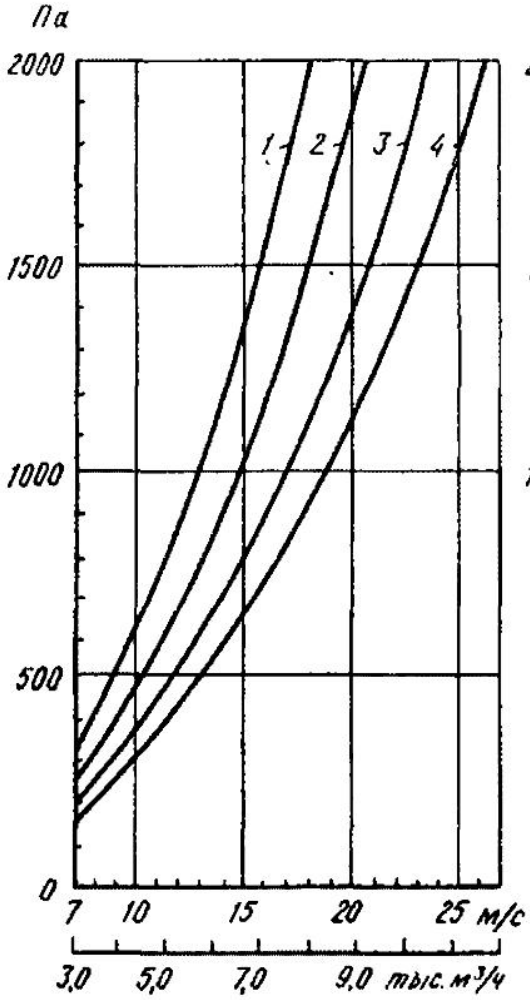
Рис. 5.12. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 1200 модификаций 1—4

Рис. 5.13. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 1300 модификаций 1—4

выбросов наименее энергоемким способом привела к созданию конструкции циклонов УЦ (см. выше) и всестороннему исследованию их технических характеристик. Данные исследований циклонов К как аппаратов для

5.6. Размеры переходных патрубков

Циклон РИСИ	D_1, мм	D_2, мм	D_3, мм	H, мм	Масса, кг
№ 2, 3, 4, 5, 6, 7	390	460	450	370	14,0
№ 8, 9, 10, 11	790	860	850	370	31,0



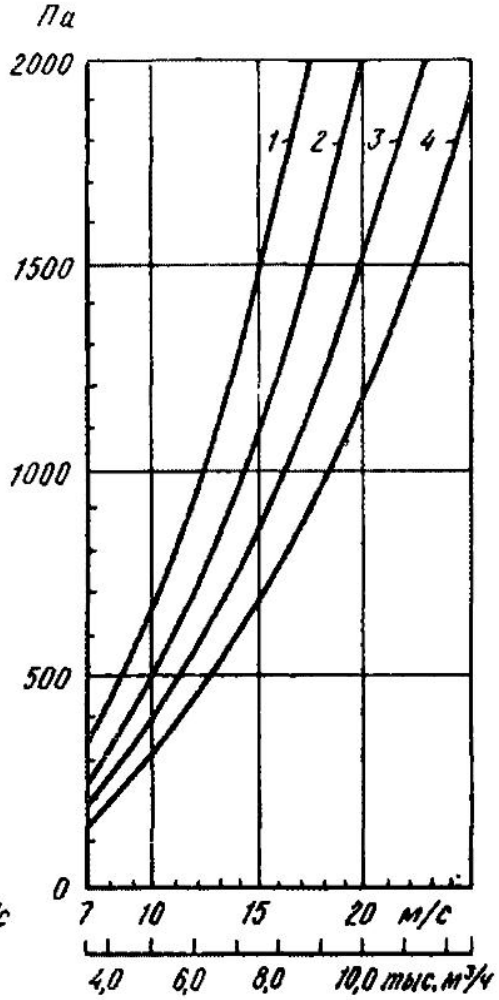


Рис. 5.14. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 1400 модификаций 1—4

Рис. 5.15. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 1500 модификаций 1—4

5.7. Размеры течек

Циклон РИСИ	D_1, мм	D_2, мм	D_3, мм	D_4, мм	H, мм	Масса, кг
№ 2	200	274	400	460	360	12,55
№ 3	300	374	400	460	360	15,05
№ 4	300	374	400	460	360	15,05
№ 5	400	474	400	460	360	17,1
№ 6	500	574	400	460	360	19,07
№ 7	600	674	400	460	360	21,19
№ 8	700	774	800	860	380	31,43
№ 9	800	874	800	860	360	33,47
№ 10	900	974	800	860	380	35,52
№ 11	1000	1074	800	860	380	37,8

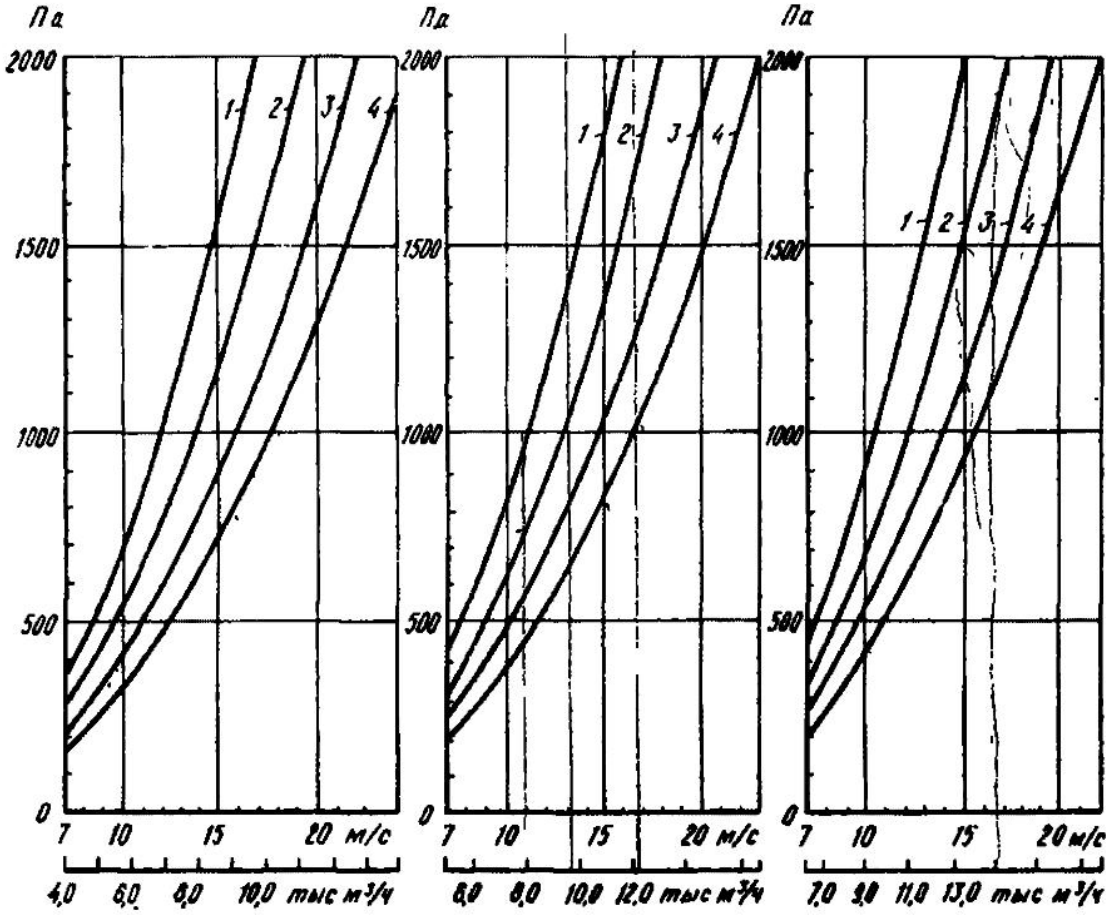


Рис. 5.16. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 1600 модификаций 1—4

Рис. 5.17. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 1800 модификаций 1—4

Рис. 5.18. Аэродинамическая характеристика циклона УЦ 2000 модификаций 1—4

улавливания пыли крайне ограничены и не дают возможности расчетным путем определять их эффективность как пылеуловителей. Поэтому циклоны К рекомендуется применять в качестве разгрузителей в системах аспирации, удаляющих измельченные отходы, не содержащие пыль, или содержащие ее в количествах, не требующих очистки (например, при удалении сырых опилок от пилорам), а также в системах пневмотранспорта материалов, не содержащих пыль. Конструктивные размеры циклонов К и их технические характеристики приведены во второй части справочника.

5.8. Размеры бачков к циклонам РИСИ

Циклон РИСИ	D_1, мм	D_2, мм	H, мм	Масса, кг
№ 2, 3, 4, 5, 6, 7	400	460	800	24,3
№ 8, 9, 10, 11	800	860	800	53,4

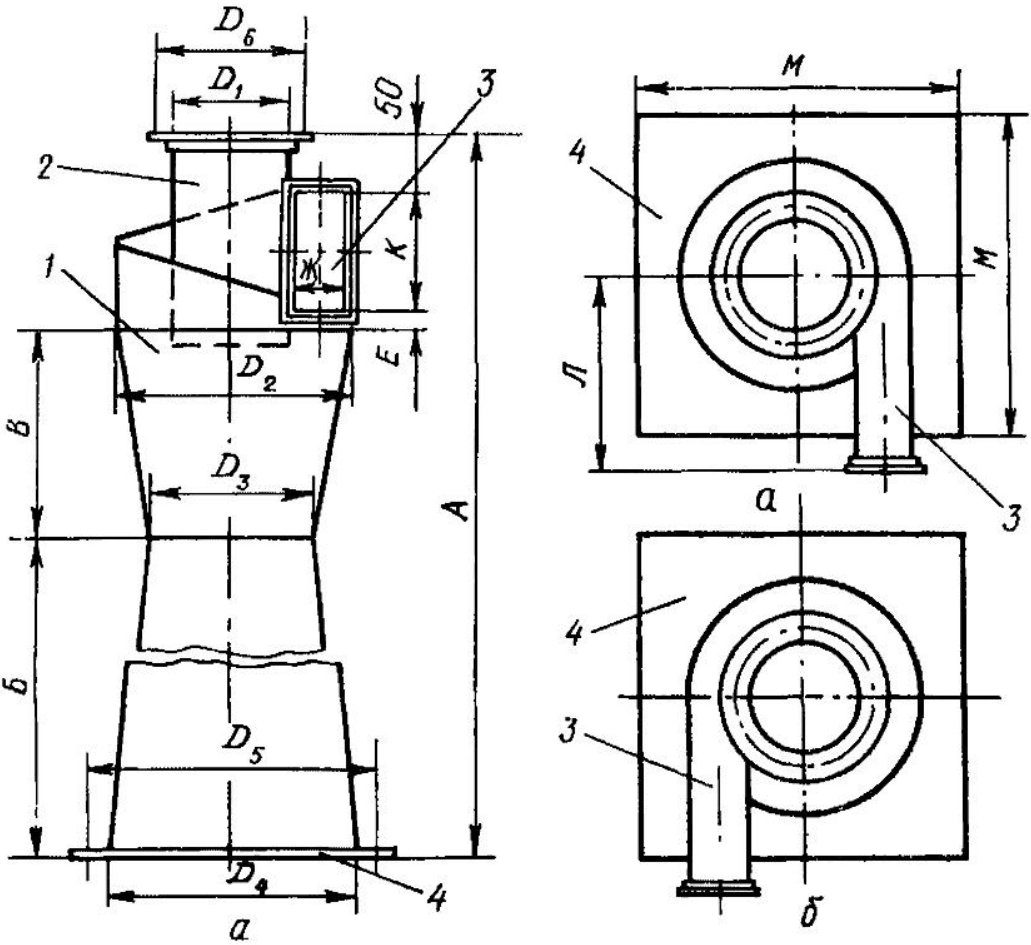


Рис. 5.19. Циклоны РИСИ № 2--11;

а — циклоны левого исполнения; *б* — циклон правого исполнения; *1* — корпус; *2* — выходной патрубок, *3* — входной патрубок, *4* — опорная плита

5.9. Размеры улиток

Циклон РИСИ	Размеры, мм					
	А	*Б*	*В*	*Г*	D_1	D_2
№ 2	24	152	110	202	100	135
№ 3	32	218	150	268	150	185
№ 4	32	218	150	268	150	185
№ 5	40	284	185	334	200	235
№ 6	48	350	220	400	250	285
№ 7	56	416	260	466	300	335
№ 8	67	482	295	532	350	385
№ 9	72	550	330	600	400	435
№ 10	80	616	370	666	450	485
№ 11	97	700	445	750	500	535

Циклон РИСИ	Размеры, мм						Масса, кг
	Е	*Ж*	*И*	R_1	R_2	*К*	
№ 2	140	94	186	52	76	167	2,67
№ 3	185	134	259	77	109	212	4,54
№ 4	185	134	259	77	109	212	4,54
№ 5	230	176	327	102	142	257	6,55
№ 6	275	216	395	127	175	395	13,0
№ 7	320	256	468	152	208	468	16,92
№ 8	370	296	536	177	241	536	21,3
№ 9	415	336	605	203	275	605	33,68
№ 10	460	370	678	228	308	678	40,66
№ 11	552	435	795	253	350	795	52,28

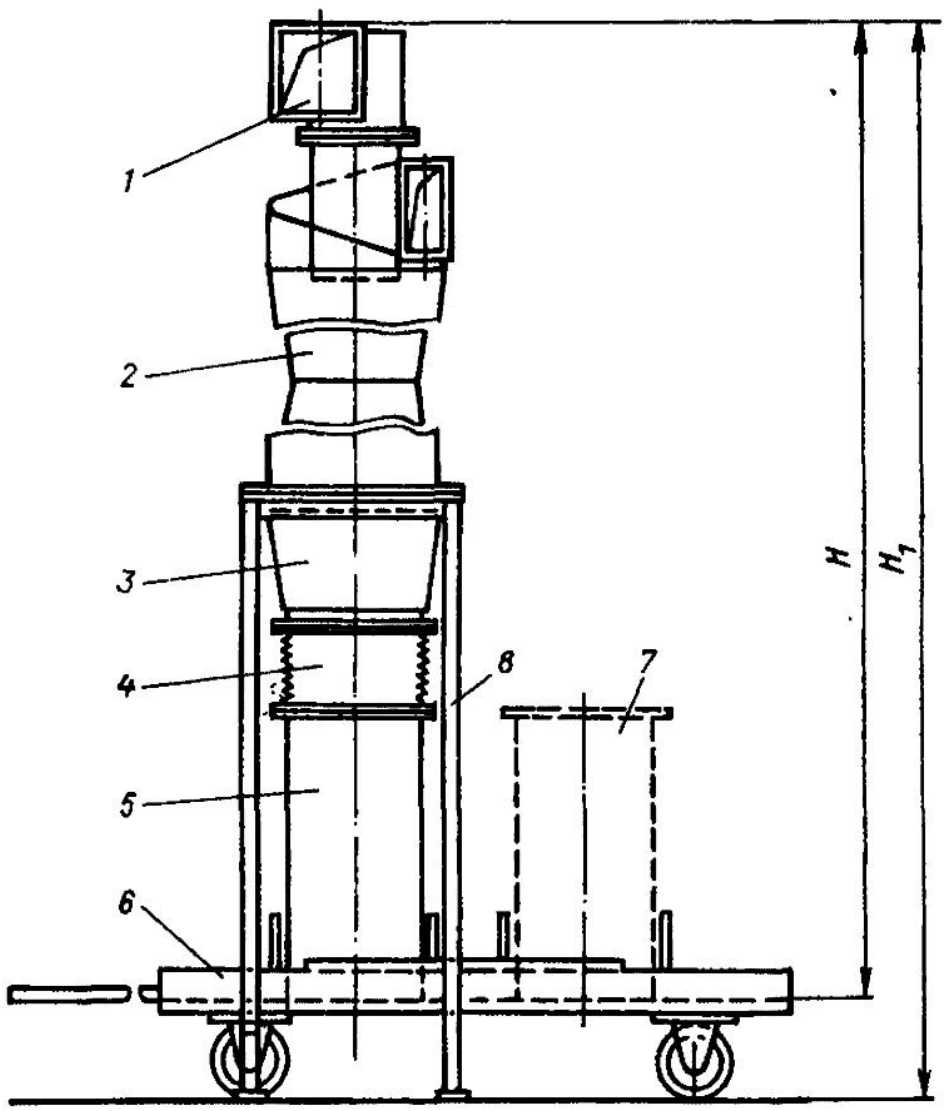


Рис. 5.20. Компоновка циклонов РИСИ (размеры H, H_1 см. в табл. 5.6):

1 — улитка, *2* — циклон; *3* — течка; *4* — переходной патрубок; *5* - бачок, *6* — тележка; *7* — запасной бачок к циклонам № 2—7, *8* — опорная конструкция

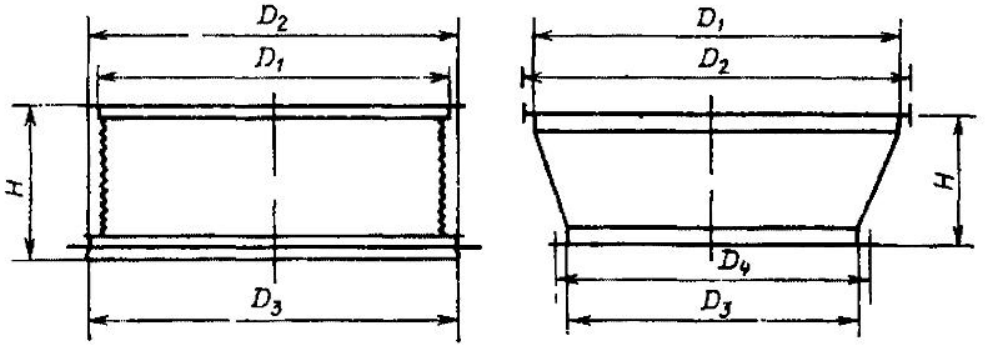


Рис 5.21 Переходные патрубки к циклонам РИСИ

Рис. 5 22. Течки к циклонам РИСИ

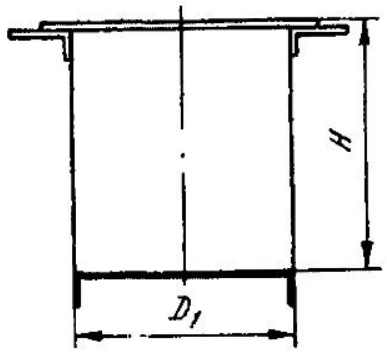
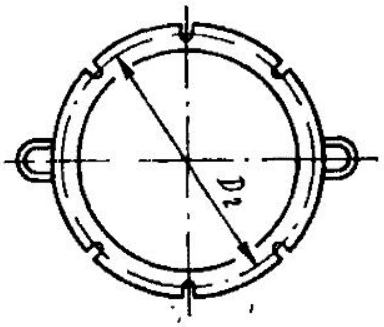


Рис. 5.23. Бачки к циклонам РИСИ



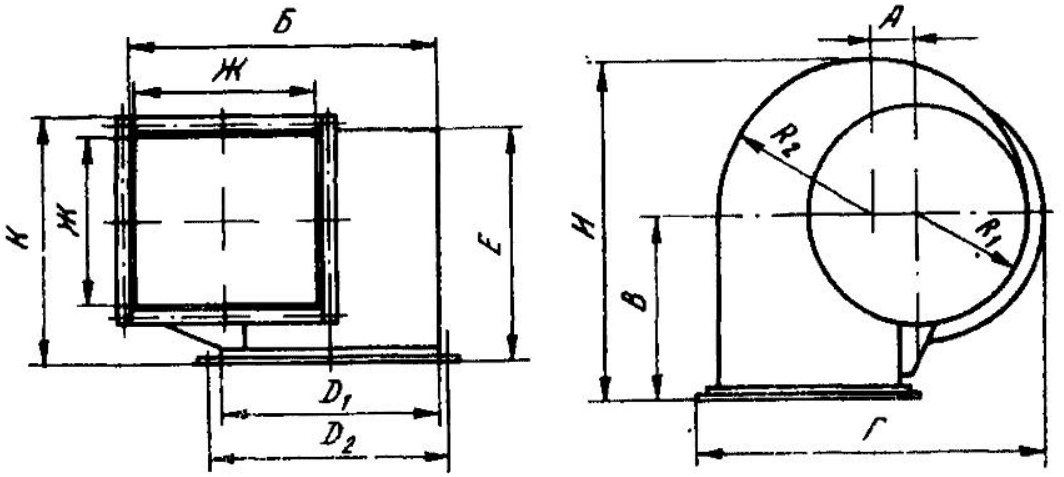
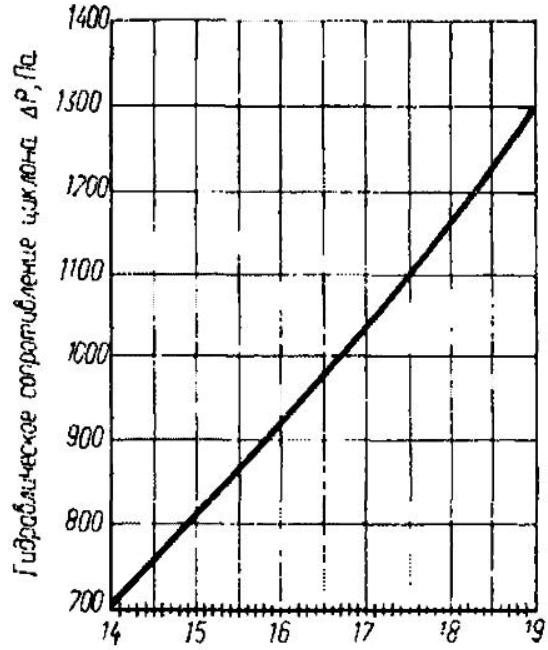


Рис. 5.24 Улитка к циклонам РИСИ



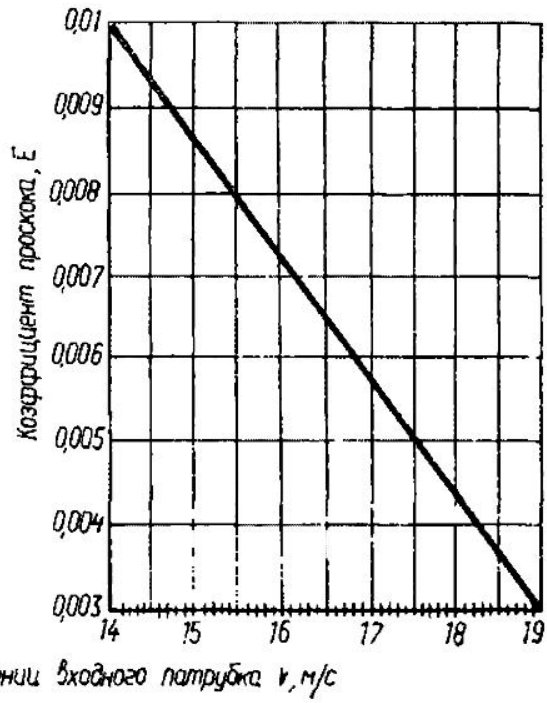


Рис. 5.25. Аэродинамическая характеристика циклонов РИСИ

Рис. 5.26. Сепарационная характеристика циклонов РИСИ

5.2.2. Фильтры

Фильтрами называются пылеулавливающие аппараты, процесс очистки газов в которых осуществляется за счет фильтрации, или осаждения твердых частиц, взвешенных в газовом (воздушном) потоке, на поверхности или в объеме пористых сред. Фильтры не получили пока достаточно широкого распространения в деревообрабатывающих производствах по нескольким причинам, главные из которых следующие: до последнего времени в большинстве случаев циклоны обеспечивали достаточную степень очистки выбросов аспирационных систем; отечественная промышленность не изготавливала фильтров во взрывобезопасном исполнении; не было обоснованных рекомендаций по фильтровальным материалам для пылей деревообрабатывающих производств. На деревообрабатывающих предприятиях стоят или импортные, или изготовленные как нестандартизированное оборудование, или не предназначенные для улавливания древесной пыли фильтры.

В деревообрабатывающих производствах ряда индустриально развитых стран фильтры являются основным видом пылеулавливающего оборудования аспирационных систем. Их конструкция и материалы позволяют очищать воздух аспирационных систем от пыли до величины пылесодержания менее 1 мг/м³, т. е. вдвое ниже величины предельно допустимого санитарными нормами пылесодержания для приточного воздуха, что позволяет в большинстве случаев возвращать в холодное время года очищенный воздух в помещения и экономить за счет этого топливо, поэтому

в отечественной практике фильтры вскоре должны найти самое широкое применение.

Имея в виду, что древесная пыль является взрывоопасной (см. гл 7), для очистки аспирационного воздуха от пыли деревообрабатывающих производств следует применять фильтры во взрывобезопасном исполнении.

Среди серийно изготавливаемых отечественных фильтров в настоящее время только фильтры марки ФРКН-В отвечают этому требованию — взрывобезопасны.

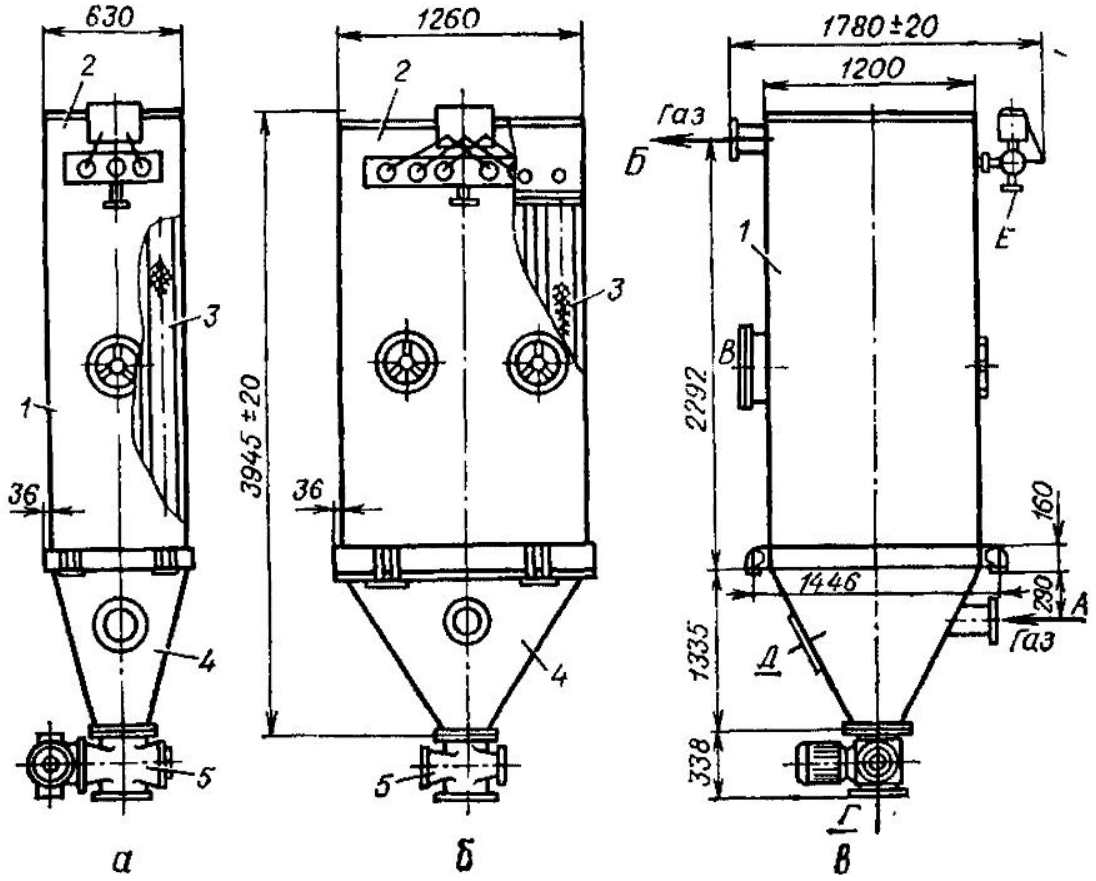


Рис. 5.27. Фильтры ФРКН-15В (*а*, *в*) и ФРКН-30В (*б*, *в*):

1 — корпус; *2* — секция клапанная регенеративной продувки; *3* — рукав; *4* — бункер; *5* — шлюзовый питатель

Фильтры ФРКН-В. Фильтры рукавные каркасные НИИОГаза ФРКН-В предназначены для улавливания мелкодисперсионных неагрессивных электризующихся и взрывоопасных пылей с медианным диаметром частиц 3—5 мкм с минимальной энергией зажигания 1 мДж. Техническая характеристика фильтров ФРКН-В приведена в табл. 5.10, а основные размеры — на рис. 5.27 и 5.28.

Размеры и назначение штуцеров указаны в табл. 5.11.

Сжатый воздух, поступающий в фильтры для импульсной продувки (регенерации) ткани рукавов, должен быть осушен и очищен не ниже 10 класса по ГОСТ 17433—72.

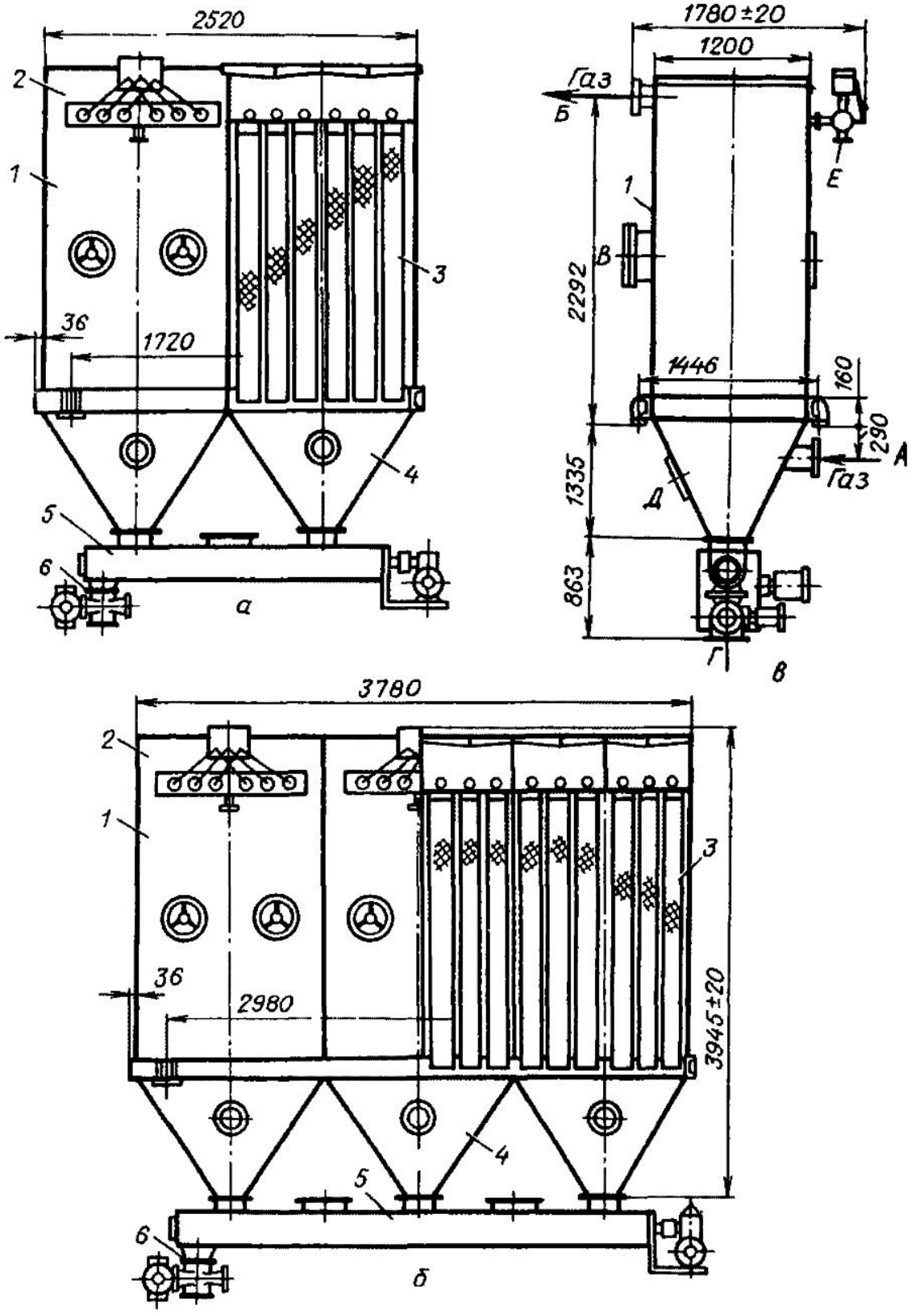


Рис. 5.28. Фильтры ФРКН-60В (*а*, *в*) и ФРКН-90В (*б*, *в*):

1 — корпус; *2* — секция клапанная регенеративной продувки, *3* — рукав; *4* — бункер; *5* — шлюзовой питатель

5.10. Техническая характеристика фильтров ФРКН-В (по данным Кемеровского завода «Химмаш»)

Наименование показателей	Норма			
	ФРКН-15В	ФРКН-30В	ФРКН-60В	ФРКН-90В
Производительность максимальная, $м^3/ч$	1 800	3 600	7 200	10 800
Площадь фильтрации, $м^2$	15	30	60	90
Количество рукавов, шт.	18	36	72	108
Температура газа максимальная, °С	140	140	140	140
Запыленность газа на входе максимальная, $г/м^3$	30	30	30	30
Степень очистки при условном диаметре частиц 3 мкм, %	99,9	99,9	99,9	99,9
Допустимое давление или разрежение в аппарате, кПа	5	5	5	5
Гидравлическое сопротивление, кПа	1,2—1,8	1,2—1,8	1,2—1,8	1,2—1,8
Давление воздуха для регенерации, МПа	0,5—0,6	0,5—0,6	0,5—0,6	0,5—0,6
Расход сжатого воздуха максимальный, $нм^3/ч$	3,6	7,2	14,4	21,6
Масса, кг	1 100	1 487	4 210	6 670

5.11. Штуцеры фильтров ФРКН-В

Обозначение	Назначение	ФРКН-15В		ФРКН-30В		ФРКН-60В		ФРКН-90В	
		Количество, шт.	Условный проход D_y, мм	Количество, шт.	Условный проход D_y, мм	Количество, шт	Условный проход D_y, мм	Количество, шт.	Условный проход D_y, мм
А	Вход запыленного газа	1	300	1	300	2	300	3	300
Б	Выход очищенного газа	1	300	1	300	2	300	3	300
В	Клапан предохранительный	1	400	2	400	4	400	6	400
Г	Выгрузка пыли	1	150	1	150	2	150	3	150
Д	Люк	1	300	1	300	2	300	3	300
Е	Подвод сжатого воздуха	1	25	1	25	2	25	3	25

5.2.3. Пылеуловители мокрого типа

В деревообрабатывающих производствах очистка технологических выбросов от пыли наряду с сухим осуществляется иногда и мокрым способом. Целесообразность применения мокрых пылеуловителей в некото-

рых отраслях промышленности обусловлена их способностью одновременного пылеулавливания, абсорбции и охлаждения газов. Применение мокрого способа очистки (главным образом воздуха аспирационных систем от шлифовальной древесной и лаковой пыли) объясняется только стремлением уменьшить вероятность возникновения взрыва, учитывая взрывоопасные свойства этих пылей. Однако дополнительные затраты, связанные с применением мокрого способа очистки воздуха, делают его менее предпочтительным в сравнении с сухим. Главные недостатки мокрого способа: необходимость установки мокрых пылеуловителей в отапливаемом помещении, необходимость очистки стоков для оборотного использования воды, проблема утилизации влажного уловленного продукта

Мокрые пылеуловители, применяющиеся в настоящее время на некоторых деревообрабатывающих предприятиях, являются нестандартизированным оборудованием, разработанным различными организациями. Ниже приводятся общие сведения о некоторых из них.

Пылеуловитель мокрого типа модели 2400 конструкции ВНПО «Союзнаучплитпром». Пылеуловитель предназначен для очистки воздуха от мелкодисперсной пыли. Схема пылеуловителя показана на рис. 5.29. Загрязненный воздух подводится к входному отверстию в верхней части пылеуловителя и направляется вниз, где контактирует с поверхностью смачивающей жидкости (воды), находящейся в стакане *6*. С помощью насоса *8* и тангенциально расположенных в стакане патрубков трубопровода *9* вода в стакане приводится во вращательное движение, что способствует смачиванию и осаждению частичек пыли Далее воздух, изменяя направление движения на горизонтальное, поступает на четыре ротора, где оставшиеся в нем частички пыли оседают на смоченных лопастях роторов. Ниже оси вращения роторов лопасти движутся в воде, и осевшая на них пыль сбрасывается водой и оседает. Пройдя через каплеотбойники *2*, очищенный воздух выходит из пылеуловителя через четыре выхлопных патрубка *13*. Осевшая в нижней части пылеуловителя пыль периодически выпускается вместе с частью воды в виде шлама через шланговый затвор *7*. Одновременно через вентиль *11* пылеуловитель пополняется свежей или очищенной оборотной водой до заданного уровня.

Производительность по воздуху максимальная, м³/ч	30
Начальная концентрация пыли максимальная, г/м³	10
Степень очистки воздуха, %	99
Гидравлическое сопротивление максимальное, даПа	160
Расход воды на 1 кг пыли, максимальный, л/кг	7
Объем воды в пылеуловителе, м³	8
Установленная мощность, кВт	3
Масса, кг	4500
Габариты, мм: длина×ширина×высота	4500×4500×5000

Пылеуловители вентиляционные мокрые типа ПВМ конструкции ЦНИИпромзданий. Пылеуловители этого типа разработаны в двух вариантах со сливом шлама (ПВМСА) и с конвейерной выгрузкой шлама (ПВМКБ). Изготовляют пылеуловители по проектной документации на

типовые конструкции, изделия и узлы серий 5.904-8 (ПВМСА) и 5.904-23 (ПВМКБ), распространяемой центральным институтом типового проектирования (ЦИТП).

Пылеуловители типа ПВМ предназначены для очистки воздуха от пылей средней и мелкой дисперсности и могут применяться для улавливания пылей всех видов, в том числе взрывоопасных, за исключением пылей, способных образовывать прочные отложения (цементирующихся

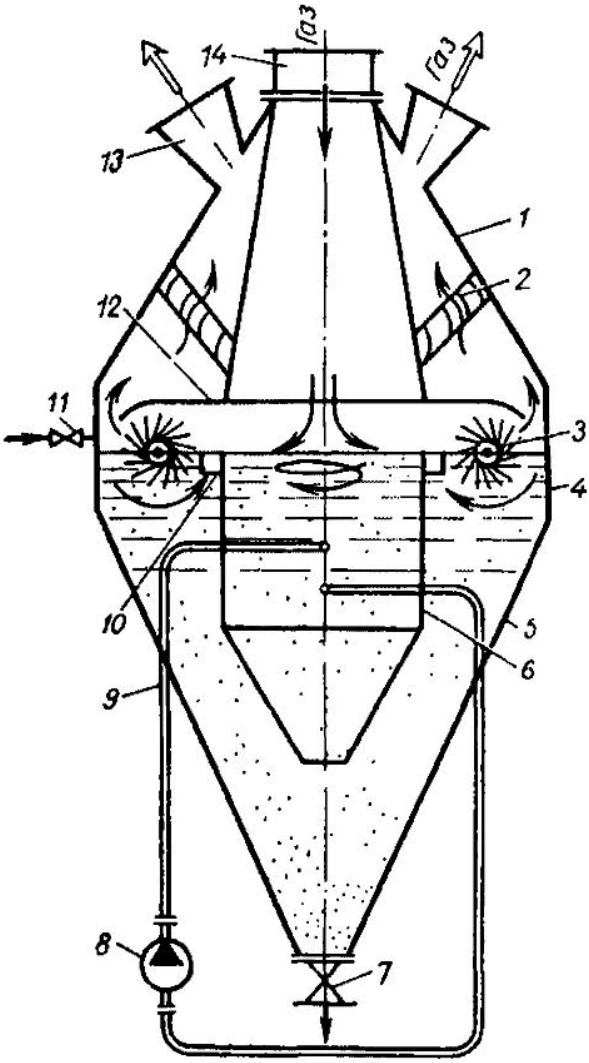


Рис. 5.29. Схема пылеуловителя мокрого типа модели 2400:

1 — верхняя секция, *2* — каплеотбойники; *3* — роторы; *4* — средняя секция; *5* — нижняя секция; *6* — стакан; *7* — шланговый затвор; *8* — насос; *9* — труба, *10* — платформа; *11* — вентиль подпитки; *12* — направляющий кожух; *13* — выхлопные патрубки; *14* — входной патрубок

или кристаллизующихся в воде). В зависимости от консистенции шлама применяют пылеуловители сливного или конвейерного типа.

Схемы пылеуловителей представлены на рис. 5.30 и 5.31, технические характеристики — в табл. 5.13 и 5.14.

Очистка воздуха происходит следующим образом [14]. При включенном вентиляторе уровень воды в пылеуловителях перед перегородками (по ходу воздушного потока) устанавливается ниже, чем за ними (см. рис. 5.31). Через щель, образующуюся между нижней кромкой перегородок и поверхностью воды, воздух проходит с большой скоростью в виде плоской струи Перегородкой *11* струя воздуха направляется вверх. На поверхности перегородки, смоченной слоем воды, увлекаемой воздушным

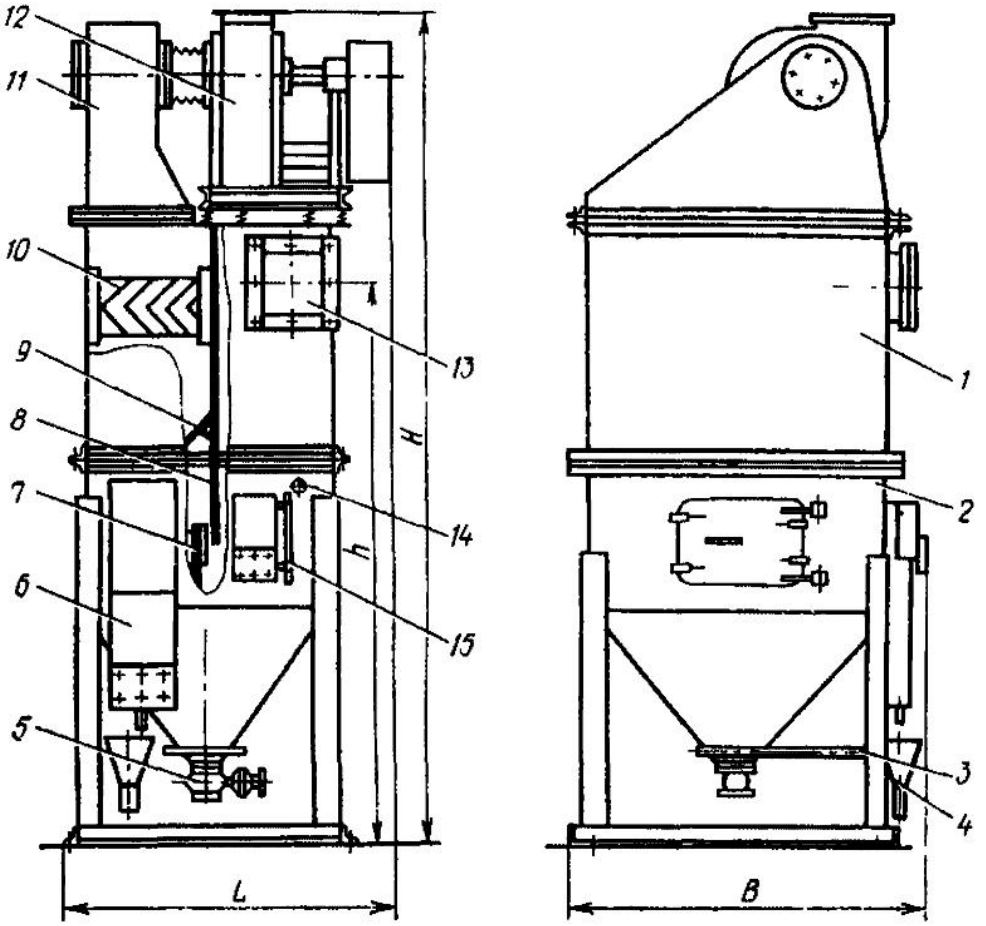


Рис. 5.30. Пылеуловитель типа ПВМСА:

1 — секция верхняя; *2* — секция нижняя; *3* — нижний подвод воды; *4* — воронка; *5* — задвижка, *6* — гидрозатвор, *7* — подвижная перегородка; *8* — неподвижная перегородка, *9* — каплеотбойник; *10* — каплеуловитель; *11* — воздухосборник; *12* — вентагрегат, *13* — входной патрубок; *14* — патрубок подвода воды; *15* — водомерное стекло

5.12. Технические характеристики пылеуловителей типа ПВМСА

Наименование	Типоразмер	
	ПВМ3СА	ПВМ5СА
Номинальная производительность по воздуху, м³/ч	3 000	5 000
Общая длина пылеулавливающих перегородок, м	0,8	1,2
Вентагрегат, устанавливаемый на крышке	В-Ц14-46-2,5-01	В-ЦП7-40-5-06
Объем воды в бункере пылеуловителя, м³	0,7	1,2
Масса пылеуловителя без воды и вентилятора, кг	550	670
Размеры, мм:		
L	1 315	1 370
B	1 145	1 590
H	3 185	3 575
h	2 305	2 285

Наименование	Типоразмер		
	ПВМ10СА	ПВМ20СА	ПВМ40СА
Номинальная производительность по воздуху, м³/ч	10 000	20 000	40 000
Общая длина пылеулавливающих перегородок, м	2,0	4,0	8,0
Вентагрегат, устанавливаемый на крышке	В-ЦП7-40-6-06	В-ЦП7-45-8-06	В-Ц4-76-10-06
Объем воды в бункере пылеуловителя, м³	1,45	2,2	5,5
Масса пылеуловителя без воды и вентилятора, кг	1 230	1 650	3 550
Размеры, мм:			
L	1514	2 290	2 314
B	2 390	2 390	4 385
H	4 145	4 575	5 010
h	2 605	2 550	2 455

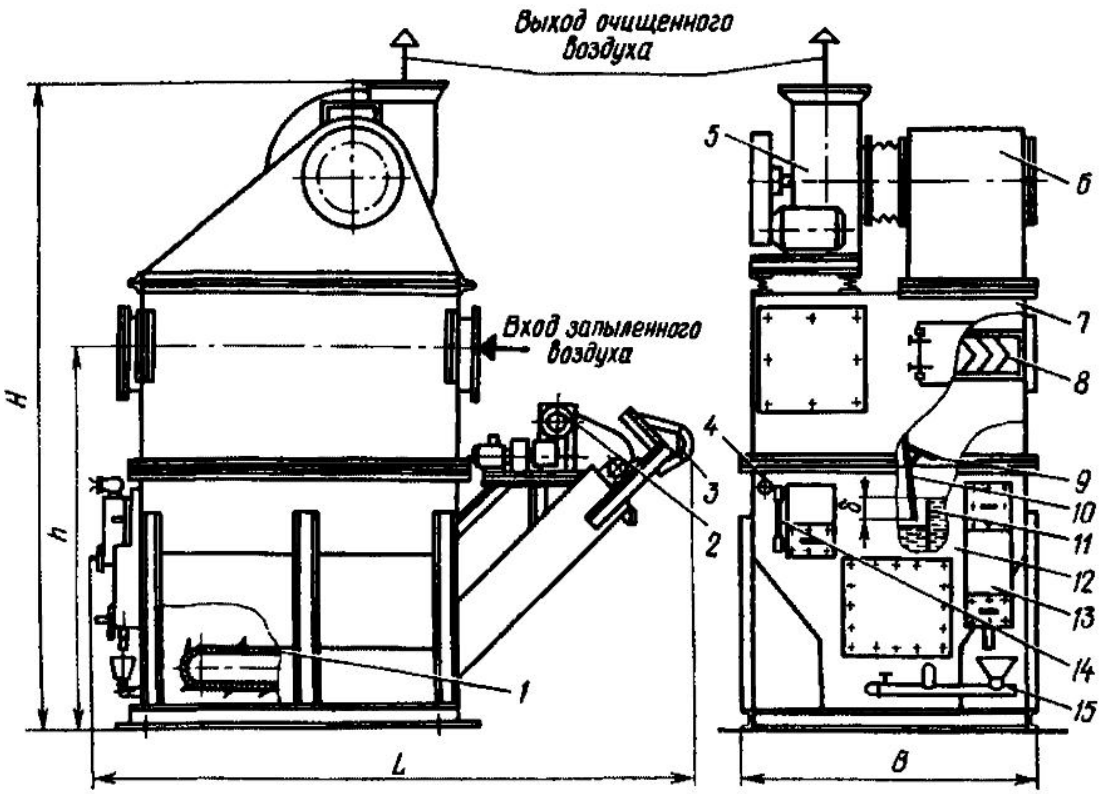


Рис. 5.31. Пылеуловитель типа ПВМКБ:

1 — конвейер скребковый, *2* — привод конвейера; *3* — сбрасывающее устройство; *4* — патрубок подвода воды; *5* — вентагрегат, *6* — воздухосборник; *7* — секция верхняя; *8* — каплеуловитель; *9* — каплеотбойник; *10* — перегородка неподвижная; *11* — перегородка подвижная; *12* — секция нижняя, *13* — гидрозатвор, *14* — водомерное стекло; *15* — слив шлама; *б* — расстояние от нижней кромки первой по ходу воздуха перегородки до верхнего уровня воды

5.13. Технические характеристики пылеуловителей типа ПВМКБ

Наименование	Типоразмер	
	ПВМ5КБ	ПВМ10КБ
Номинальная производительность по воздуху, м³/ч	5 000	10 000
Общая длина пылеулавливающих перегородок, м	1,2	2,0
Вентагрегат, устанавливаемый на крышке	В-ЦП7-40-5-06	В-ЦП7-40-6-06
Объем воды в бункере пылеуловителя, м³	1,2	2,3
Масса пылеуловителя без воды и вентилятора, кг	1 265	1 828
Размеры, м:		
L	3 040	3 840
B	1 536	1 414
H	3 600	4 000
	2 280	3 655

Продолжение

Наименование	Типоразмер	
	ПВМ20КБ	ПВМ40КБ
Номинальная производительность по воздуху, м³/ч	20 000	40 000
Общая длина пылеулавливающих перегородок, м	4,0	8,0
Вентагрегат, устанавливаемый на крышке	В-ЦП6-45-8-06	В-Ц4-76-10-06
Объем воды в бункере пылеуловителя, м³	3,0	5,8
Масса пылеуловителя без воды и вентилятора, кг	2 114	2 304
Размеры, м:		
L	3 840	5 930
B	2 114	2 304
H	4 425	4 900
	3 655	2 395

потоком, происходит оседание частиц пыли. Вода с частицами пыли, вносимая потоком воздуха, ударяется о каплеотбойник и сливается за перегородку *11*. Уловленная пыль оседает в нижней секции, а воздух, пройдя через каплеуловители, выходит наружу. Шлам либо выпускается из бункера через задвижку *5* (рис. 5.30), либо удаляется скребковым транспортером *1* (рис. 5.31). В случае необходимости в пылеуловителях сливного типа производится взмучивание шлама при подаче воды или сжатого воздуха через узел нижнего подвода воды.

В табл. 5.12 и 5.13 указаны вентиляторы, установка которых предусмотрена на крышках пылеуловителей. Установка вентиляторов возможна отдельно от ПВМ; в этом случае кроме указанных могут быть использованы вентиляторы других типов.

Расход воды для пылеуловителей ПВМКБ следует принимать из расчета 0,005—0,01 л на 1 м³ очищаемого воздуха. Для пылеуловителей ПВМСА определение расхода воды зависит от режима вывода шлама из бункеров. При непрерывном сливе шлама расход воды следует принимать из условия 0,02—0,05 л на 1 г пыли, но не менее 0,10 на 1 м³ воздуха.

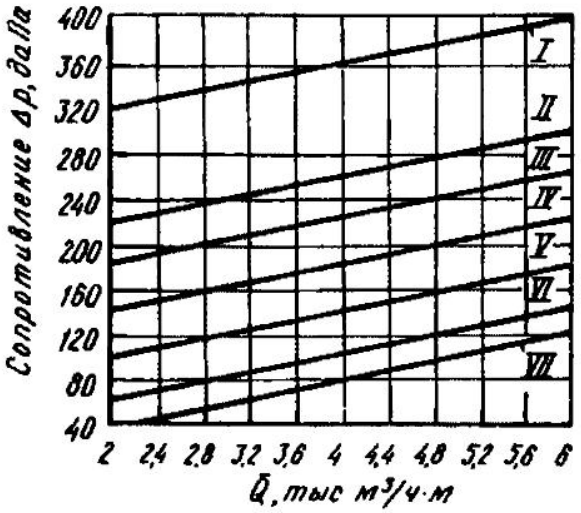


Рис. 5.32. Номограмма для определения гидравлического сопротивления пылеуловителей ПВМ. δ равно, мм:
I — 300; *II* — 200; *III* — 160; *IV* — 120, *V* — 80; *VI* — 40; *VII* — 0

При периодическом сливе шлама усредненный часовой расход воды, л/ч, может определяться по формуле

$$L = \left(0{,}005 + \frac{C}{q}\right) Q, \qquad (5.4)$$

где C — начальная концентрация пыли в воздухе, г/м³, q — максимальная допустимая концентрация твердых частиц в шламе по условиям его подвижности, г/л (но не более 50 г/л); Q — расход воздуха, м³/ч.

Гидравлическое сопротивление пылеуловителей определяется с помощью номограммы (рис. 5.32). По оси абсцисс — удельный расход воздуха, т. е расход воздуха на 1 м длины перегородок, например при расходе очищаемого воздуха $Q = 8000$ м³/ч для пылеуловителя ПВМ10 на оси абсцисс откладывается отрезок, соответствующий $\overline{Q} = 8000 : 2 = 4000$ м³/ч · м

Фракционная эффективность очистки воздуха определяется с помощью графика (рис. 5.33). Кривые графика построены для пыли с плотностью частиц $\rho = 1{,}1$ г/см³. Эта величина соответствует среднему значению плотности частиц древесных пылей, образующихся при механической обработке древесных материалов. Для пылей с плотностью частиц ρ_1, значительно отличающейся от ρ, необходимо предварительно построить новую кривую, пользуясь графиками на рис. 5.33 Для этого сначала определяют новые значения d_1, соответствующие плотности ρ_1, по формуле

$$d_1 = d\sqrt{\frac{\rho}{\rho_1}}, \qquad (5.5)$$

где d — диаметр частиц пыли с плотностью 1,1 г/см³, для которой построены кривые на рис. 5.33.

Затем для требуемого значения δ строится новая кривая, точки которой лежат на пересечении прежних ординат E и новых абсцисс d_1. При плотности $\rho_1 > \rho$ кривые фракционной эффективности, соответствующие одному и тому же значению δ, смещаются влево от кривых рис. 5.33, а при $\rho_1 < \rho$ — вправо. Для улавливания мелкодисперсных пылей значение параметра δ принимается равным 30—80 мм, для улавливания среднедисперсных пылей — 80—120 мм.

При значительной запыленности аспирационного воздуха в целях сокращения расхода воды, а также количества шлама пылеуловители мок-

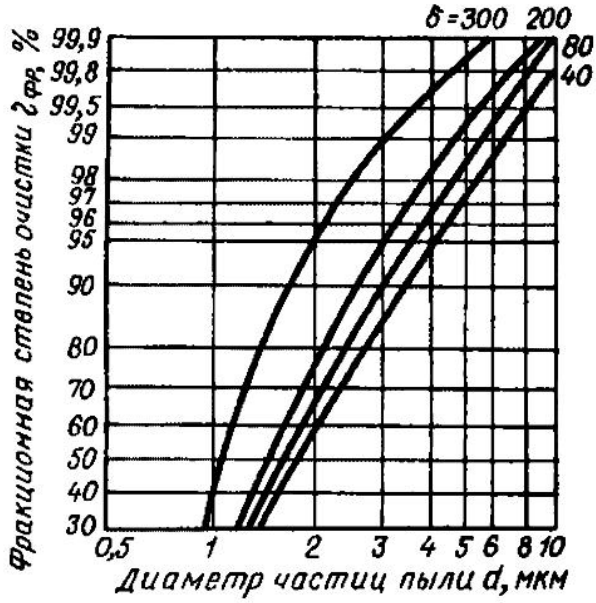


Рис. 5.33 Сепарационная характеристика пылеуловителей ПВМ

рого типа следует применять в качестве аппаратов второй ступени очистки, используя на первой ступени простейшие пылеулавливающие аппараты — циклоны.

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Цель проектирования пылеулавливающих сооружений — разработка проектно-сметной документации, необходимой для заказа материалов и оборудования, финансирования и производства строительно-монтажных работ по реализации проектных решений Стадийность проектирования — проект, рабочий проект, рабочая документация — устанавливается в каждом конкретном случае в соответствии с заданиями на разработку проектной документации, а состав и оформление проектной документации определяются соответствующими нормативными документами.

Проектирование пылеулавливающих сооружений сводится к решению в определенной последовательности ряда задач, исходя из технологических условий и в соответствии с требованиями действующих государственных и отраслевых стандартов (ГОСТ и ОСТ), строительных норм и правил (СНиП), санитарных и противопожарных норм, а также других нормативных документов. Этими задачами являются получение (сбор)

исходных данных, выбор принципиальной схемы систем аспирации, определение числа и мощности систем, конструирование и расчет систем, а также задача сбора и кратковременного хранения уловленного продукта

Учитывая отсутствие опыта (как отечественного, так и зарубежного) проектирования, строительства и эксплуатации промышленных систем аспирации с переменным расходом воздуха в гл. 6 приводятся сведения только о системах аспирации с постоянным расходом воздуха.

6.1. Исходные данные

Для проектирования систем аспирации требуется следующая исходная информация:

планы расположения и спецификации технологического оборудования;

данные о категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности (в табл. 6.1, составленной на основе [13], приведены эти данные по основным видам производств);

схема технологического процесса;

способ утилизации улавливаемых продуктов;

6.1. Категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности; классы взрывоопасных и пожароопасных зон; рекомендуемые схемы аспирационных систем по характеру циркуляции воздуха

Наименование цехов, производственных помещений, наружных установок	Категория производства	Класс зоны	Рекомендуемая схема
1. Производства лесозаготовительные и лесопильно-деревообрабатывающие			
Помещения раскряжевки хлыстов, разделки дров	В	П—II	Рециркуляционная
Окорочно-распиловочные участки (в помещении)	В	П—II	То же
Помещения с механической обработкой древесины лесопильных производств	В	П—II	»
Помещения тарного производства с участками раскроя и механической обработки	В	П—II	»
Помещения изготовления технологической щепы	В	П—II	»
2. Производство фанеры			
Окорочно-распиловочные участки (в помещении)	В	П—II	»
Участки обрезки фанеры	В	П—II	»
Участок шлифования фанеры	Б	В—IIа	Прямоточная

Наименование цехов, производственных помещений, наружных установок	Категория производства	Класс зоны	Рекомендуемая схема
3. Производство спичек			
Отделение шлифования и сортировки спичечной соломки	В	II—II	Прямоточная
Отделение резки картона, бумаги и этикеток	В	II—IIа	Рециркуляционная
Отделение склеивания картонных спичечных коробок	В	П—IIа	Прямоточная
Отделение изготовления спичек	В	П—IIа	То же
Отделения развеса бертолетовой соли и приготовления зажигательной массы	Б	В—IIа	»
Отделение приготовления фосфорной массы	В	П—II	»
4. Производство и отделка древесностружечных плит			
Участок изготовления стружки (в помещении)	В	П—II	Рециркуляционная
Участок формовочно-прессовый	В	П—II	Прямоточная
Участок шлифования плит	Б	В—IIа	То же
Участки раскроя облицованных плит, механической обработки и облицовки кромок	В	П—II	Рециркуляционная
5. Производство щитовых мебельных деталей			
Участки раскроя плит, фанеры, шпона	В	П—II	Рециркуляционная
Участки калибрования щитовых заготовок и шлифования щитовых деталей	Б	В—IIа	Прямоточная
Участок механической обработки заготовок с фанерованием и шлифованием кромок	В	П—II	Рециркуляционная
Участок доработки и устранения дефектов деталей	В	П—II	То же
6. Производство брусковых мебельных деталей			
Участок раскроя пиломатериалов на заготовки	В	П—II	Рециркуляционная
Цех механической обработки заготовок	В	П—II	То же
Участок шлифования заготовок	Б	В—IIа	Прямоточная
Участок доработки и устранения дефектов деталей	В	П—II	Рециркуляционная

Наименование цехов, производственных помещений, наружных установок	Категория производства	Класс зоны	Рекомендуемая схема
7. Производство корпусной, решетчатой мебели, стульев			
Цех механической обработки деталей	В	П—II	Рециркуляционная
Участок шлифования деталей	Б	В—IIа	То же
Участок облагораживания лаковых покрытий	Б	П—IIа	»
8. Производство столярно-строительных изделий, строганой тары			
Участки механической обработки древесины	В	П—II	Рециркуляционная
Участки раскроя листовых материалов и изготовления элементов	В	П—II	То же
9. Вспомогательные производства			
Участки заточки инструмента	Д	—	Рециркуляционная
10. Пылеулавливающие сооружения			
Наружная установка тягодутьевых машин в системах аспирации производств категории Б	—	В—IIа	—
То же в системах аспирации производств категории В	—	П—III	—
Станция сухих пылеуловителей (наружная установка)	—	В—IIа	—
Станция мокрых пылеуловителей	Б	В—IIа	—
Станция сбора отходов (наружная бункерная установка)	—	П—III	—

среднесуточный выход отходов;

схема генплана предприятия;

строительные чертежи (планы, разрезы) зданий, где проектируются производства, требующие устройства аспирационных систем;

данные о фоновых (по пыли) загрязнениях воздуха населенных мест в районе проектируемых производств;

данные о некоторых физических параметрах улавливаемой пыли и других измельченных отходов;

аспирационные характеристики технологического оборудования (см. табл. 6.2).

6.2. Выбор принципиальной схемы

Выбор прямоточной или рециркуляционной схемы систем аспирации обусловлен следующими основными факторами: 1) наличием (или отсутствием) условий, допускающих в соответствии со строительными нормами и правилами или другими действующими нормативными документами рециркуляцию воздуха помещения; 2) наличием технических средств, обеспечивающих достаточную очистку аспирационного воздуха, и 3) экономической целесообразностью

В отсутствие норм проектирования систем аспирации деревообрабатывающих производств в современной практике проектирования для выявления первого из названных факторов принято руководствоваться указаниями главы СНиП II-33-75 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», согласно которым рециркуляция не допускается для воздуха помещений с производствами категорий А, Б и Е по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности.

Не следует также предусматривать рециркуляцию аспирационного воздуха для помещений, в воздухе которых имеются резко выраженные неприятные запахи Проектные решения, предусматривающие рециркуляцию воздуха с отступлениями от СНиП, должны согласовываться в установленном порядке

Пылеуловители могут считаться пригодными для использования в рециркуляционных системах аспирации, если обеспечивают очистку воздуха от древесной пыли до концентрации не более 1,8 мг/м³.

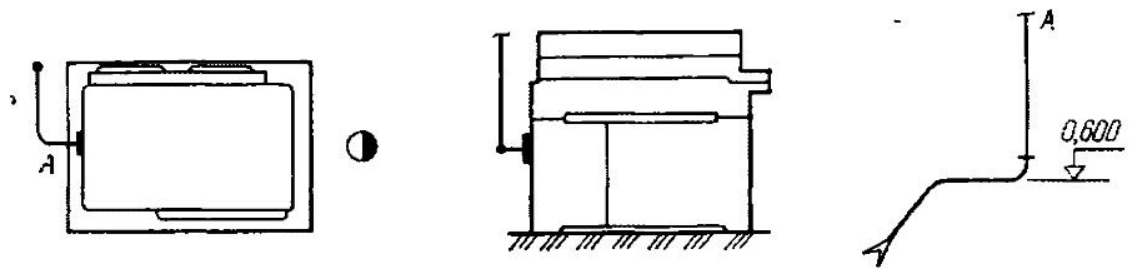
Конструкция пылеуловителей должна отвечать требованиям взрывной и пожарной безопасности с учетом свойств улавливаемых пылей В табл 6.1 указаны рекомендуемые схемы циркуляции воздуха аспирационных систем для различных участков (отделений) современных деревообрабатывающих производств

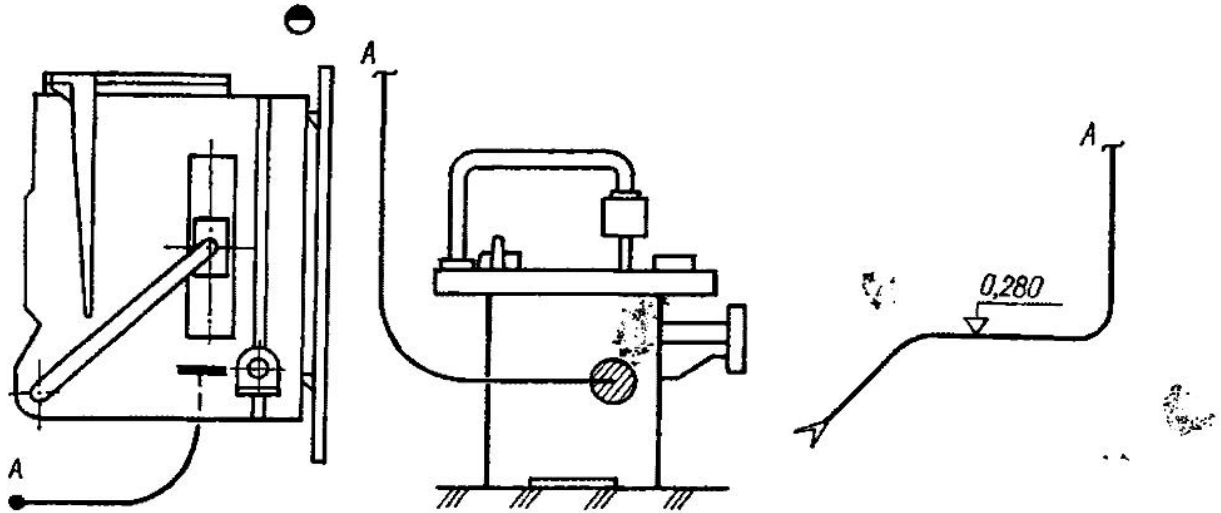
По характеру связи с технологическим оборудованием выбор принципиальной схемы аспирационных систем производится на основе практического опыта. В большинстве случаев аспирационные системы современных деревообрабатывающих производств проектируются централизованными, но когда, например, в цехе среди деревообрабатывающих станков имеется станок с паспортным объемом отсасываемого воздуха не менее 5000 м³/ч, у которого все режущие органы работают одновременно, целесообразно подключать такой станок к автономной системе аспирации, в то время как остальные станки подключены к централизованным системам

Автономные системы целесообразны также для производственных участков, где при небольшом числе станков коэффициент одновременности их работы невысок. В этом случае наиболее рационально использовать в качестве пылеуловителей рециркуляционные аппараты с установкой их в каждой автономной системе в блоке со станком Из-за отсутствия в настоящее время соответствующего отечественного вентиляционного и пылеулавливающего оборудования такие схемы находят пока место только в пилоножеточках для улавливания металлической и абразивной пыли.

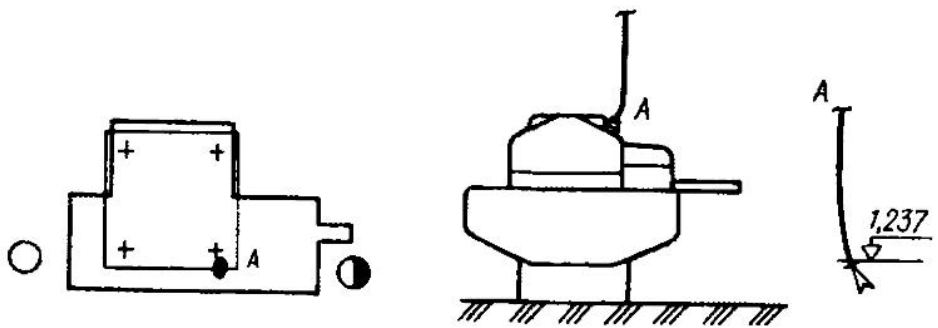
6.2. Аспирационные характеристики деревообрабатывающего оборудования

Наименование и марка технологического оборудования	Рабочий орган технологического оборудования	Присоединительные патрубки отсосов		Минимальный объем отсасываемого воздуха,* м³/ч	Скорость в сечении присоединительного патрубка,* м/с	Коэффициент гидравлического сопротивления отсосов	Максимальный возможный (мгновенный) выход отходов (в числителе — всего, в знаменателе — в том числе пыли), кг/ч	Примечание
		обозначение и число	расчетный диаметр, м					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
				Станки круглопильные				
Станок круглопильный ЦА-2А	Пила	А-1	0,1	850 (850)	30,1 (17)	1,0	357,5 / 32,5	Изготовитель — Тюменский станкозавод
Станок круглопильный универсальный Ц6-2	Пила	А-1	0,11	840 (840)	24,8 (17)	1,0	36,4 / 2,13	Изготовитель — Уссурийский машиностроительный завод





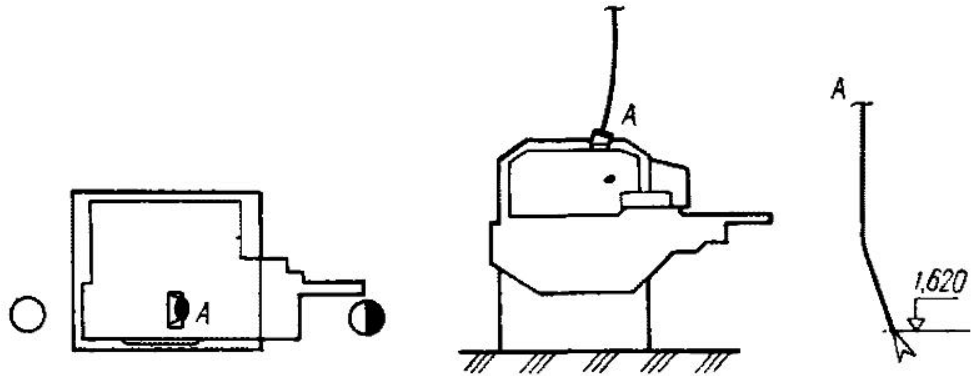
Станок прирезной однопильный ЦДК4-2	Пила	А-1	0,084	698 (698)	35,0 (17)	1,0	122,85 / 9,75	Изготовитель — Тюменский станкозавод



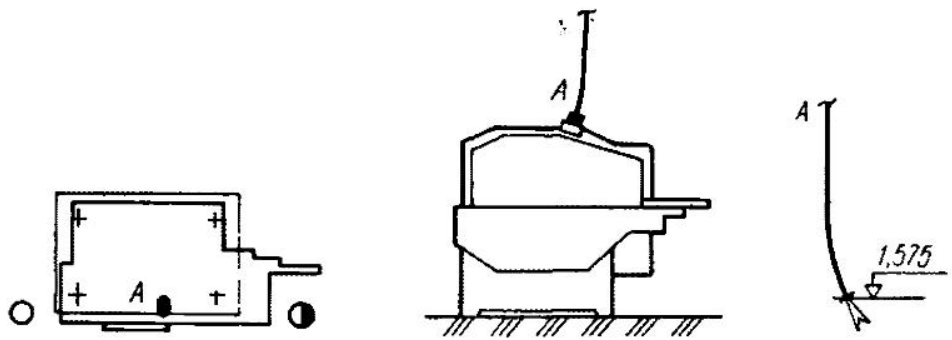
* В графах 5 и 6 в скобках указаны соответственно минимальный объем отсасываемого воздуха в целом по станку и рекомендуемая минимальная расчетная скорость воздуха в воздуховодах.

Продолжение

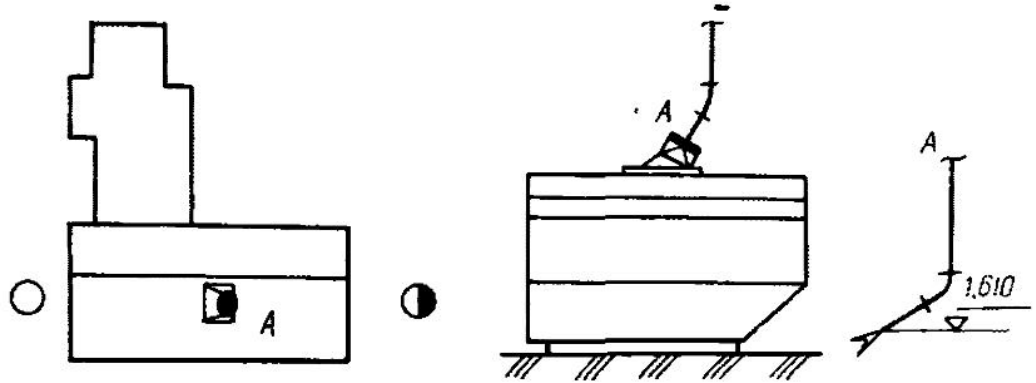
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок прирезной однопильный ЦДК4-3	Пила	А-1	0,13	1000 (1000)	20,9 (17)	1,2	122,85 / 9,75	Изготовитель — Тюменский станкозавод



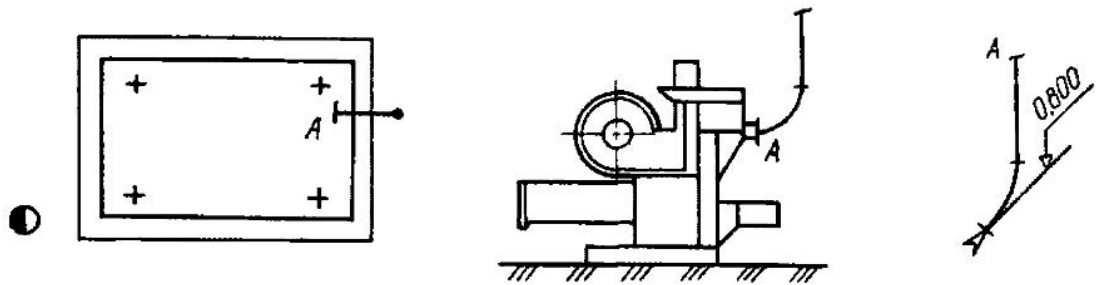
Станок прирезной пятипильный ЦДК5-2	Пила	А-1	0,155	1200 (1200)	17,7 (17)	1,0	351,0 / 32,5	Изготовитель — Тюменский станкозавод



Станок прирезной десятипильный ЦМР-2	Пила	А-1	0,234	5004 (5004)	32,3 (17)	0,6	265,2 / 32,5	Изготовитель — Новозыбковский станкозавод

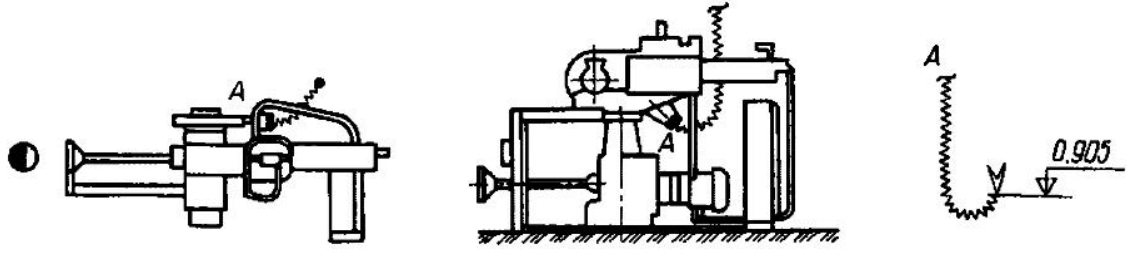


Станок торцовочный с автоподачей ЦПА-2	Пила	А-1	0,14	840 (840)	15,2 (17)	1,0	68,64	1. Изготовитель — Уссурийский машиностроительный завод 2. Не выпускается



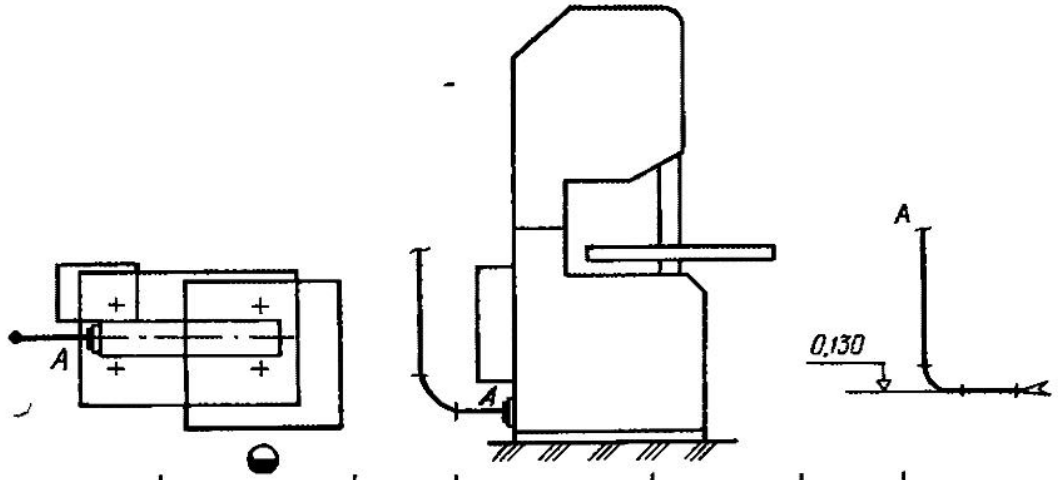
Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок торцовочный с прямолинейным движением суппорта ЦПА-40	Пила	А-1	0,08	633 (633)	35 (17)	1,0	68,64 / 7,47	Изготовитель — Уссурийский машиностроительный завод

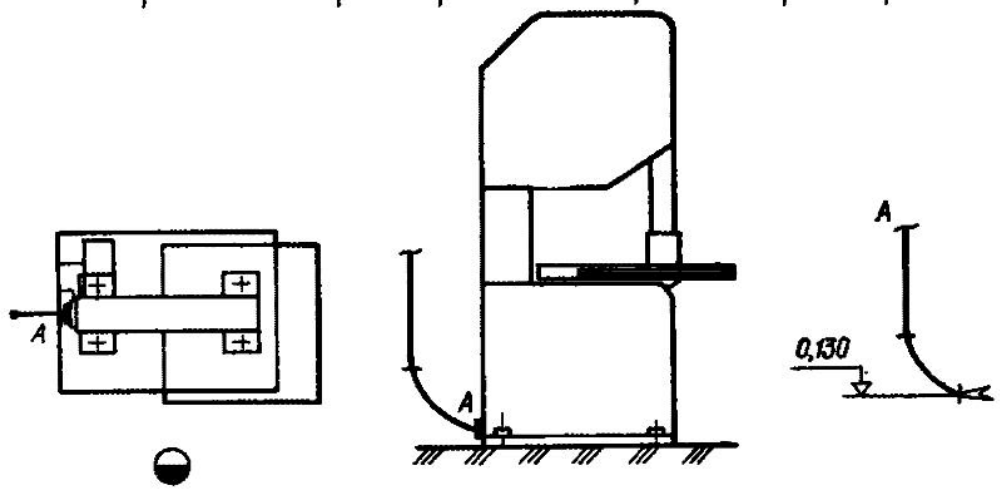


Станки ленточнопильные

Станок ленточнопильный столярный ЛС40-01	Пила	А-1	0,1	435 (435)	15,4 (17)	0,8	42,25 / 18,85	Изготовитель — Рыбинский завод деревообрабатывающих станков

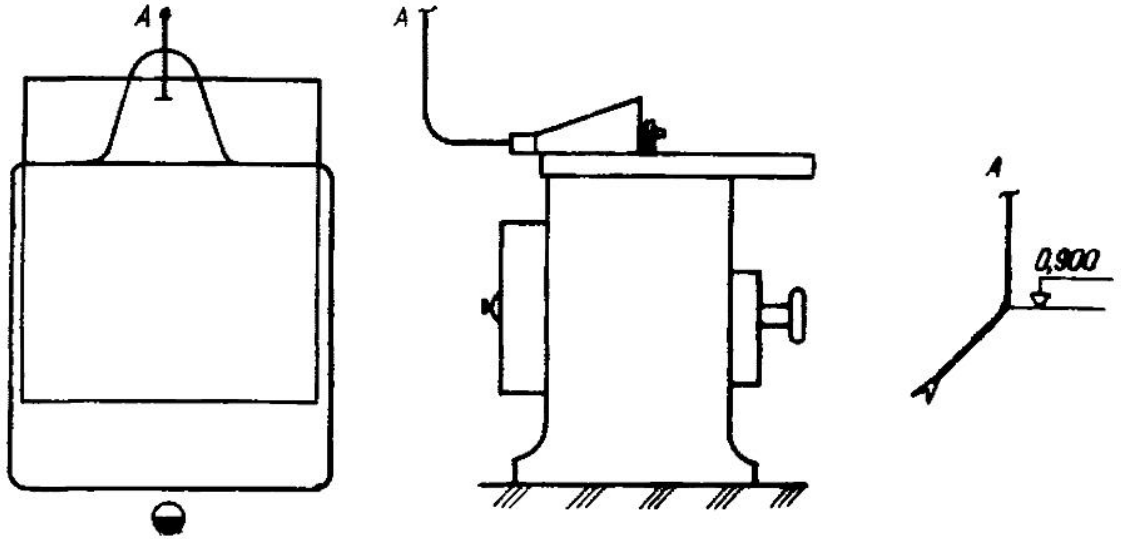


Станок ленточнопильный столярный ЛС80-6	Пила	А-1	0,15	1272 (1272)	20,0 (17)	0,8	42,25 / 18,85	Изготовитель — Рыбинский завод деревообрабатывающих станков

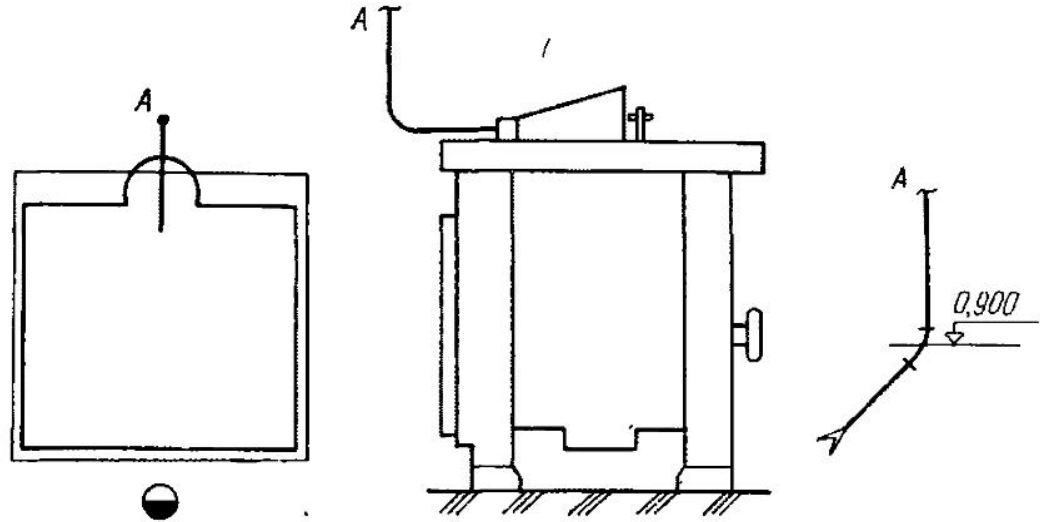


Продолжение

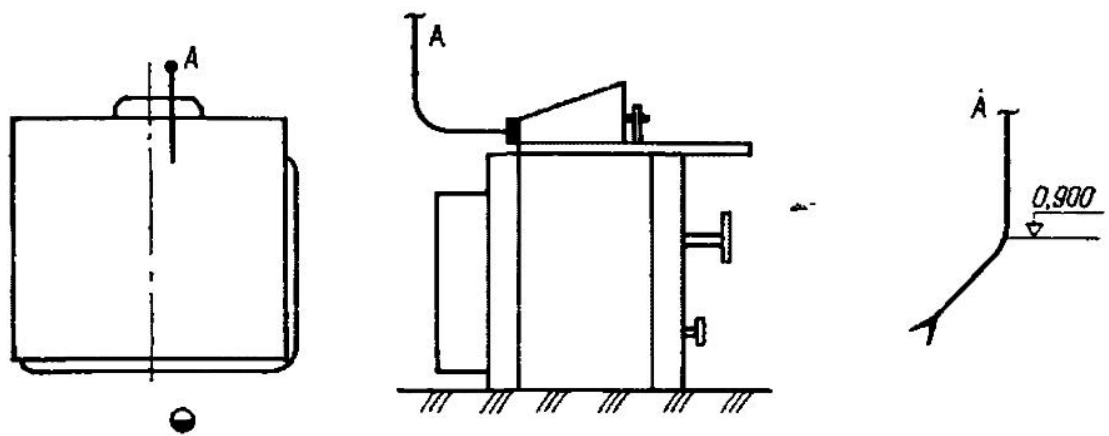
1	2	3	4	5	6	7	8	9
				Станки фрезерные				
Станок фрезерный одношпиндельный Ф-4	Фреза	А-1	0,13	1350 (1350)	28,8 (18)	0,8	33,8 / 1,35	1. Изготовитель — Днепропетровский станкозавод 2. Не выпускается



Станок фрезерный одношпиндельный Ф-5	Фреза	А-1	0,15	1500 (1500)	23,6 (18)	0,8	33,8 / 1,35	1. Изготовитель — Днепропетровский станкозавод 2. Не выпускается

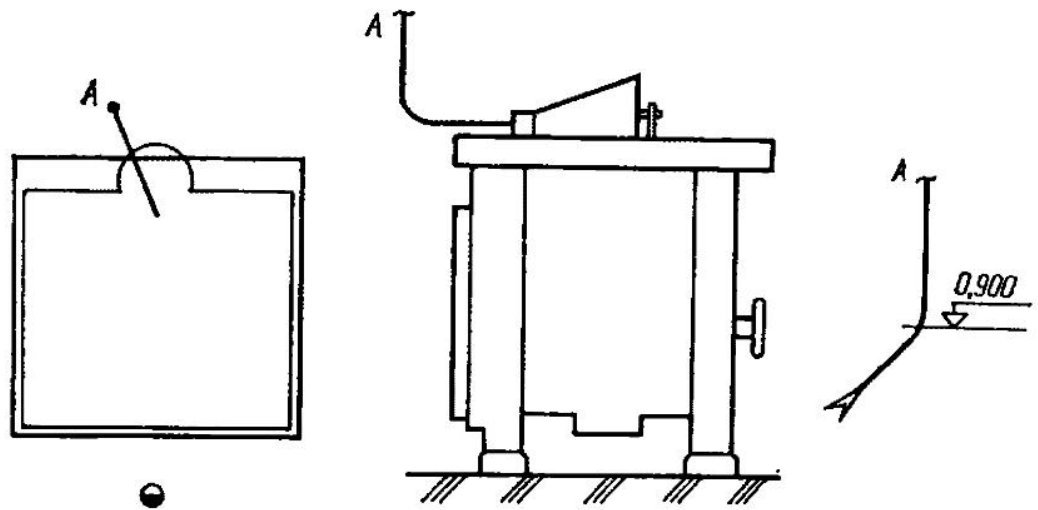


Станок фрезерный одношпиндельный Ф-6	Фреза	А-1	0,13	1350 (1350)	28,8 (18)	0,8	33,8 / 1,35	1. Изготовитель — Днепропетровский станкозавод 2. Не выпускается

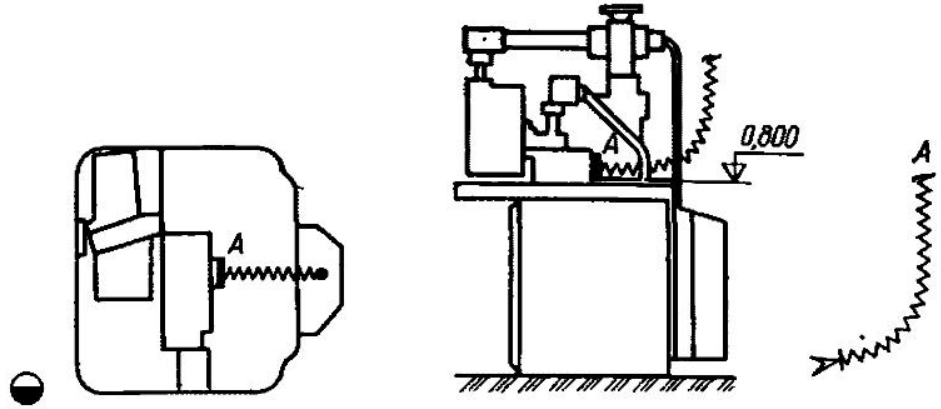


Продолжение

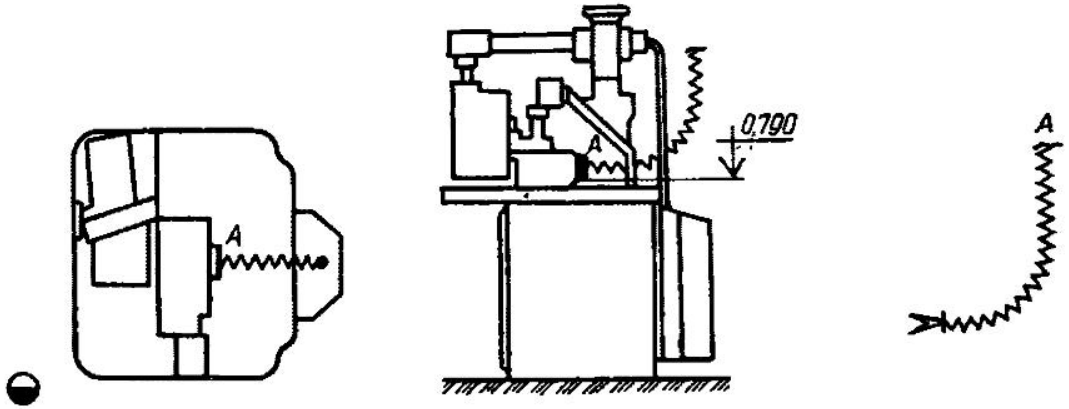
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок фрезерный одношпиндельный с механической подачей ФС-1	Фреза	А-1	0,164	1350 (1350)	17,9 (18)	1,5	57,2 / 2,29	1. Изготовитель — Днепропетровский станкозавод 2. Сечение патрубка, м: 0,14×0,15



Станок фрезерный одношпиндельный с механической подачей для прямолинейной обработки ФСА	Фреза	А-1	0,151	1160 (1160)	18 (18)	1,5	40,3 / 2,6	1. Изготовитель — Днепропетровский станкозавод 2. Сечение патрубка, м: 0,12×0,15

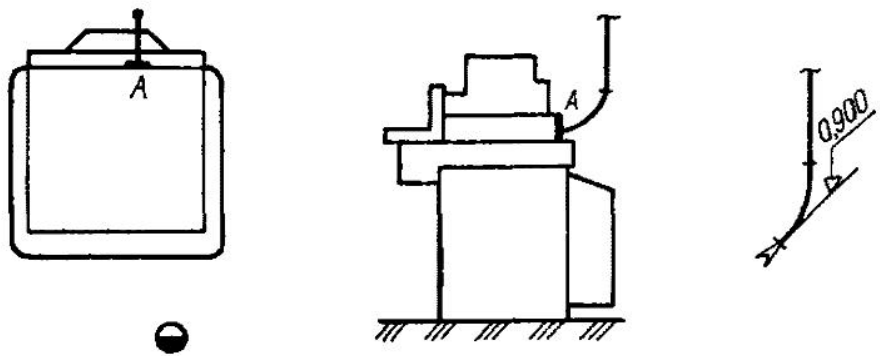


Станок фрезерный одношпиндельный средний с механической подачей для прямолинейной обработки ФСА-1	Фреза	А-1	0,164	1350 (1350)	18 (18)	1,5	40,3 / 2,6	1. Изготовитель — Днепропетровский станкозавод 2. Сечение патрубка, м: 0,14×0,15

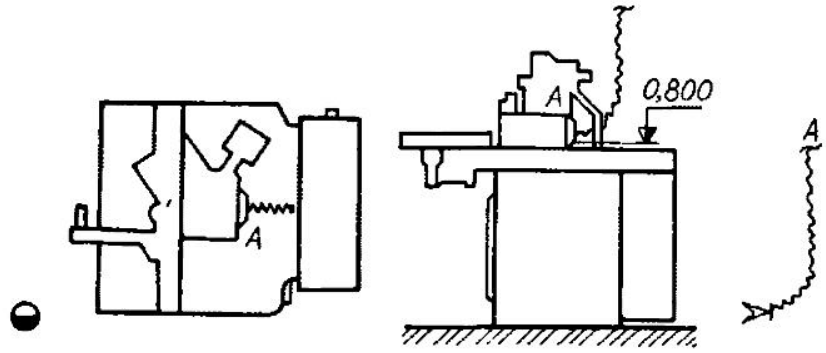


Продолжение

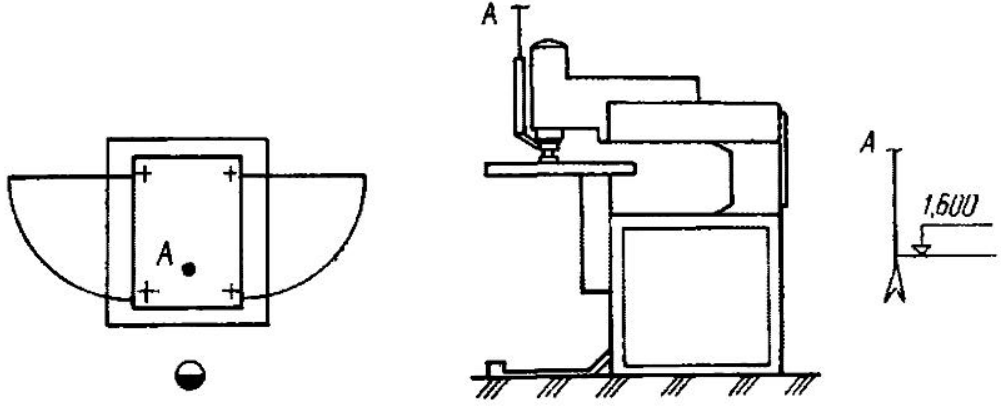
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок фрезерный одношпиндельный с шипорезной кареткой ФСШ-1	Фреза	А-1	0,164	1350 (1350)	17,9 (18)	1,5	33,8 / 2,6	1. Изготовитель — Днепропетровский станкозавод 2. Сечение патрубка, м: 0,14×0,15



Станок фрезерный одношпиндельный с механической подачей и шипорезной кареткой ФСШ-11	Фреза	А-1	0,164	1350 (1350)	17,9 (18)	1,5	40,3 / 2,6	1. Изготовитель — Днепропетровский станкозавод 2. Сечение патрубка, м: 0,14×0,15

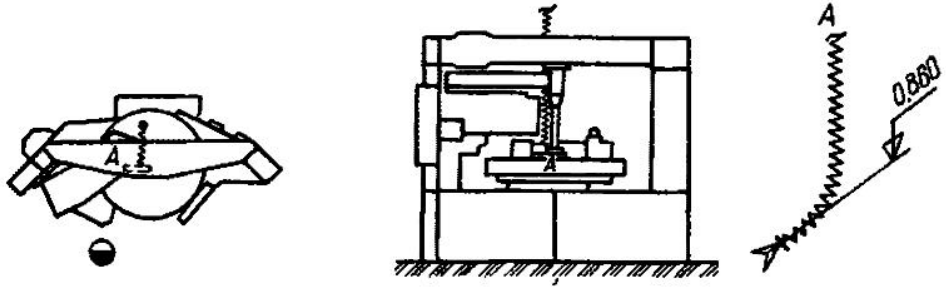


Станок фрезерный с верхним расположением шпинделя ВФК-2	Фреза	А-1	0,071	400 (400)	27,8 (18)	1,6	32,5 / 2,11	1. Изготовитель — Днепропетровский станкозавод 2. Сечение патрубка, м: 0,04×0,1

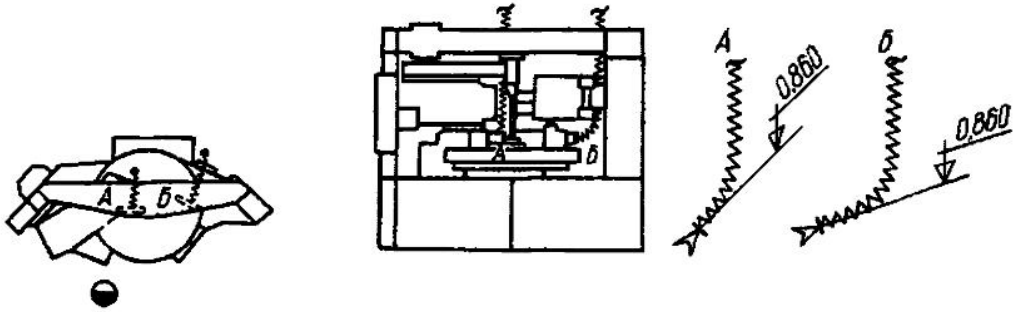


Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок фрезерный карусельный Ф1К-2	Фреза	А-1	0,114	1000 (1000)	27,2 (18)	1,5	40,3 / 2,6	Изготовитель — Днепропетровский станкозавод

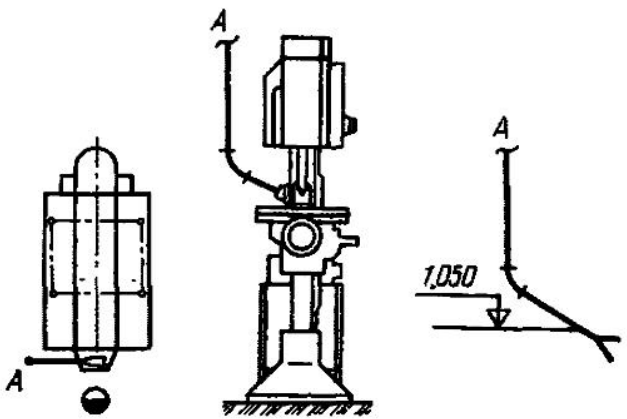


Станок карусельный фрезерно-шлифовальный специализированный Ф1К-2А	Фреза Шлифовальная головка	А-1 Б-1	0,114 0,114	1000 1000 (2000)	27,2 27,2 (18)	1,5 1,5	43,94 / 6,24	Изготовитель — Днепропетровский станкозавод



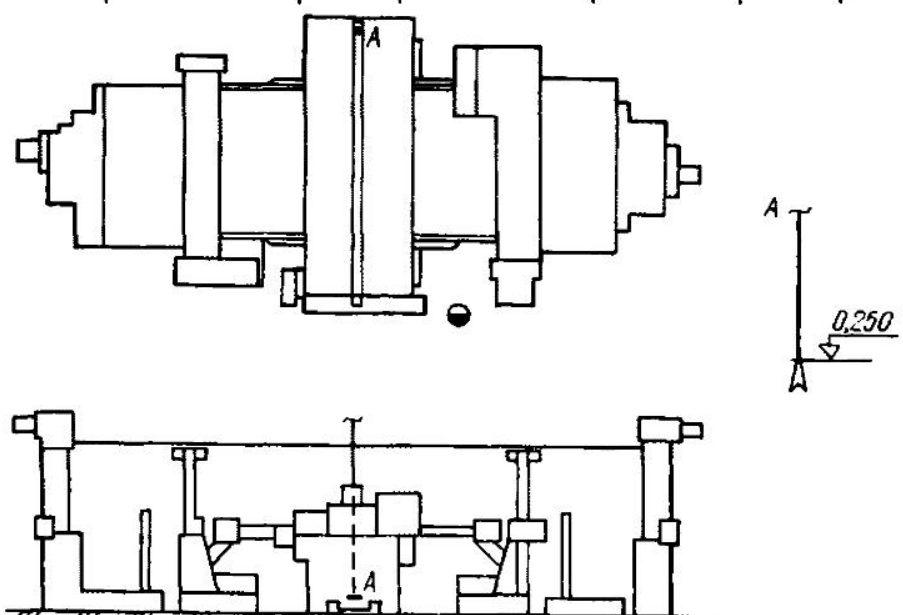
Станки сверлильные

Станок вертикальный сверлильно-пазовальный с механической подачей СВА-2М (СВА-2, СВП-2)	Сверло	А-1	0,04	150 (150)	33,2 (18)	0,5	31,2 / 2,03		1. Изготовитель — Единецкий завод деревообрабатывающих станков 2. Станки СВА-2 и СВП-2 не выпускаются



Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок сверлильный многошпиндельный горизонтально-вертикальный с загрузочно-разгрузочным устройством СГВП-1А (СГВП-1)	Сверлильный агрегат	А 1	0,1	1000 (1000)	35,4 (18)	1,0	27,95 / 1,81	1. Изготовитель - Днепропетровский станкозавод 2. Станок СГВП-1 не имеет загрузочно-разгрузочного устройства

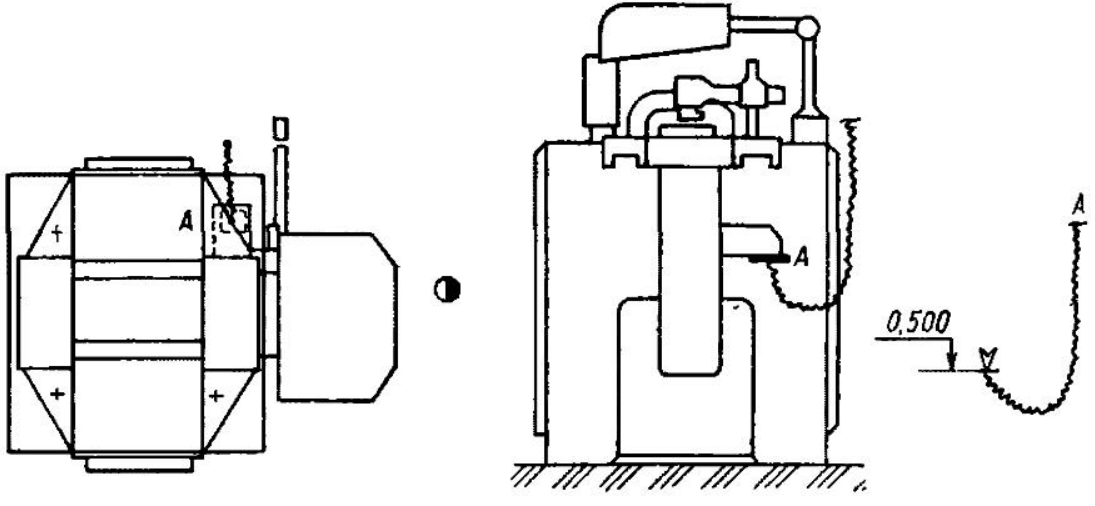


Станок сверлильно-пазовальный СВПГ-2	Шпиндель двухсторонний	А, Б-2	0,089	475 (950)	21,2 (18)	1,0	39,0 / 3,25	1. Изготовитель – Днепропетровский станкозавод

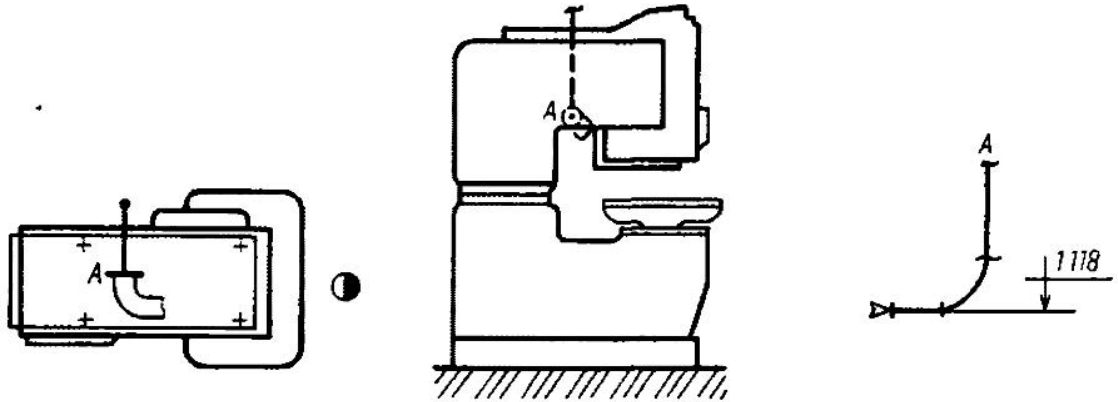
									2. Сечение патрубков, м: 0,09×0,07
Станок сверлильно-пазовальный СВПГ-2В	Шпиндель двухсторонний	А, Б-2	0,089	475 (950)	21,2 (18)	1,0	39,0 / 3,25		1. Изготовитель — Днепропетровский станкозавод 2. Сечение патрубков, м: 0,09×0,07

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок сверлильно-пазовальный с наклонным столом СВПГ-3	Шпиндель	А-1	0,1	513 (513)	18,0 (18)	1,0	39 / 3,25	1. Изготовитель — Днепропетровский станкозавод 2. Сечение патрубков, м: 0,089×0,089

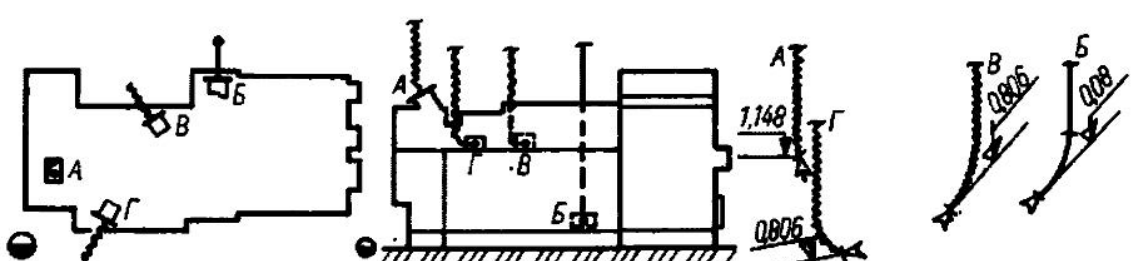


Станок для заделки сучков СВСА-3	Шпиндель	А-1	0,1	500 (500)	17,7 (18)	1,5	19,5 / 0,98	Изготовитель — Днепропетровский станкозавод



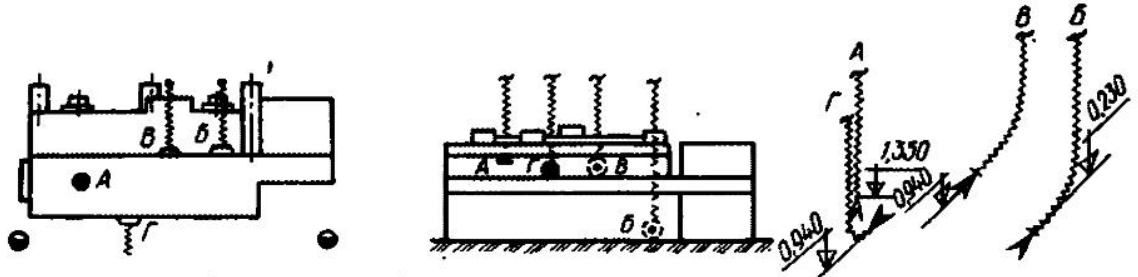
Станки строгальные

Станок строгальный четырехсторонний С10-3	Фрезы:						260,0 / 13,0	1. Изготовитель—Боровичский завод деревообрабатывающих станков 2. Сечение патрубков, м: А — 0,12×0,135; В — 0,136×0,136; В, Г — 0,12×0,12
	верхняя	А 1	0,144	1172	20	0,8		
	нижняя	Б-1	0,154	1300	20	0,8		
	вертикальная	В, Г-2	0,135	1030 (4572)	20 (18)	0,8		

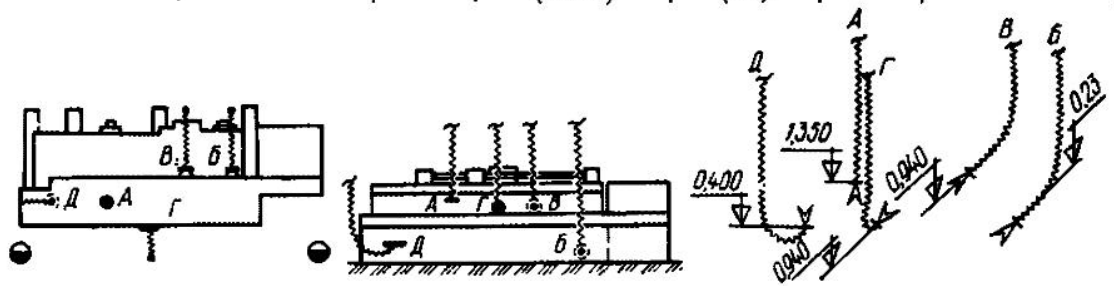


Продолжение

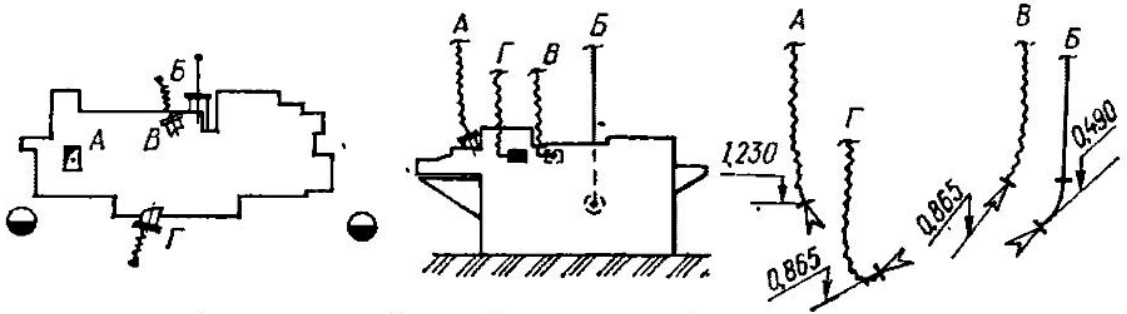
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок строгальный четырехсторонний С16-1А	Фрезы:						409,5 / 18,85	Изготовитель — Боровичский завод деревообрабатывающих станков
	верхняя	А-1	0,127	912	20	0,8		
	нижняя	Б-1	0,127	912	20	0,8		
	вертикальная	В, Г-2	0,127	912 (3648)	20 (18)	0,8		



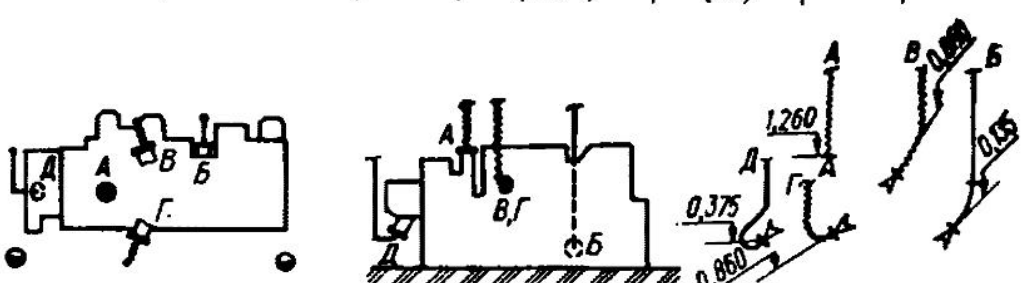
Станок строгальный четырехсторонний С16-2А	Фрезы:						409,5 / 18,85	Изготовитель — Боровичский завод деревообрабатывающих станков
	верхняя	А-1	0,127	912	20	0,8		
	нижняя	Б-1	0,127	912	20	0,8		
	вертикальная	В, Г-2	0,127	912	20	0,8		
	калевочная	Д-1	0,127	912 (4560)	20 (18)	0,8		



Станок строгальный четырехсторонний С16-4А	Фрезы:						409,5 / 18,85	1. Изготовитель — Боровичский завод деревообрабатывающих станков 2. Сечение патрубков, м: А — 0,144×0,189; В, Г — 0,15×0,11 3. Не выпускается
	верхняя	А-1	0,186	1956	20	0,8		
	нижняя	Б-1	0,155	1358	20	0,8		
	вертикальная	В, Г-2	0,145	1188 (5690)	20 (18)	0,8		

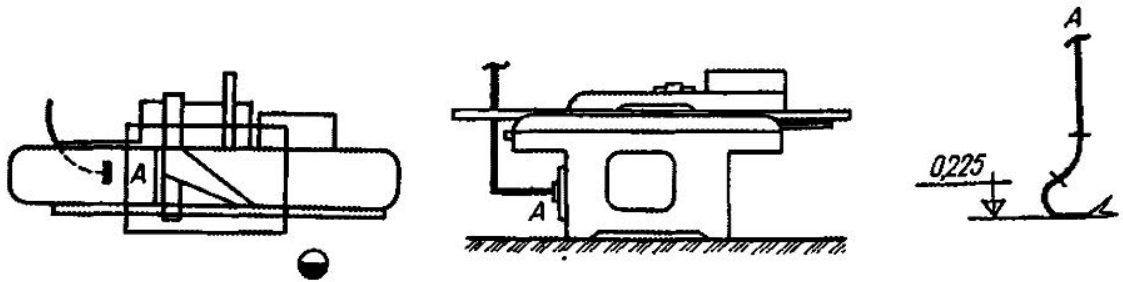


Станок строгальный четырехсторонний С26-2М	Фрезы:						871,0 / 37,7	Изготовитель — Боровичский завод деревообрабатывающих станков
	верхняя	А-1	0,127	912	20	0,8		
	нижняя	Б-1	0,127	912	20	0,8		
	вертикальная	В, Г-2	0,11	684	20	0,8		
	калевочная	Д-1	0,127	912 (4104)	20 (18)	0,8		

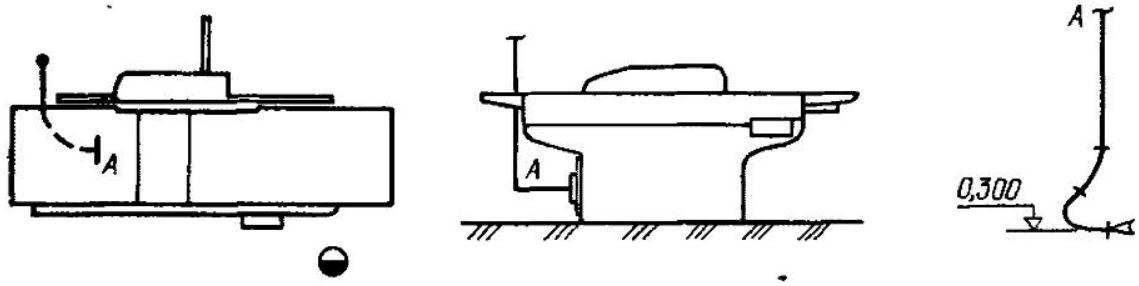


Продолжение

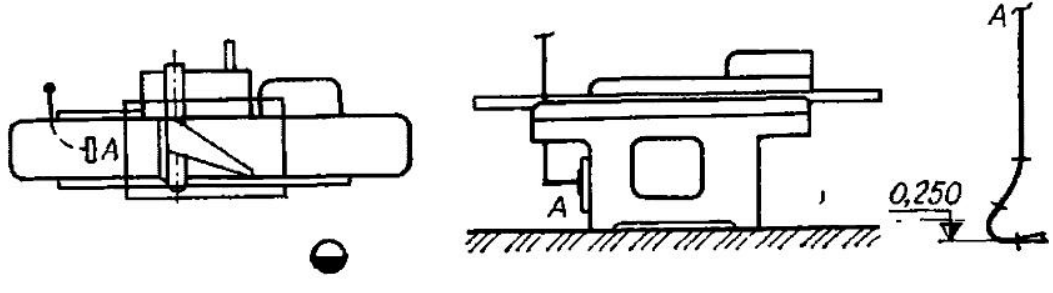
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок фуговальный односторонний СФ4-1	Ножевой вал	А-1	0,175	1500 (1500)	17,3 (18)	1,0	149,5 / 26,0	Изготовитель — Курганский завод деревообрабатывающих станков



Станок фуговальный односторонний с конвейерной подачей СФА4-1 (схема аналогична схеме станка СФ4-1)	Ножевой вал	А-1	0,175	1500 (1500)	17,3 (18)	1,0	149,5 / 26,0	Изготовитель — Курганский завод деревообрабатывающих станков
Станок фуговальный с ручной подачей СФ-6	Ножевой вал	А-1	0,16	1320 (1320)	18,2 (18)	0,8	191,1 / 19,5	Изготовитель — Курганский завод деревообрабатывающих станков

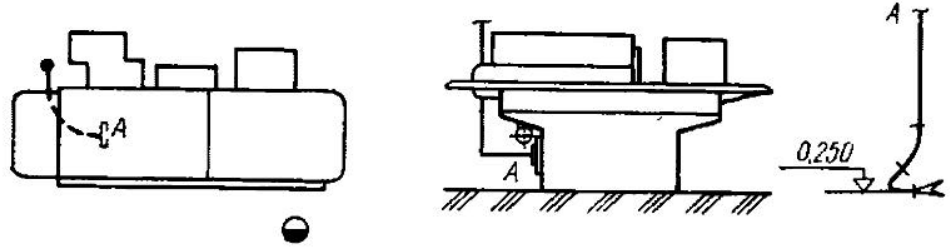


Станок фуговальный односторонний СФ6-1	Ножевой вал	А-1	0,175	1600 (1600)	18,5 (18)	1,0	191,1 / 19,5	Изготовитель — Курганский завод деревообрабатывающих станков

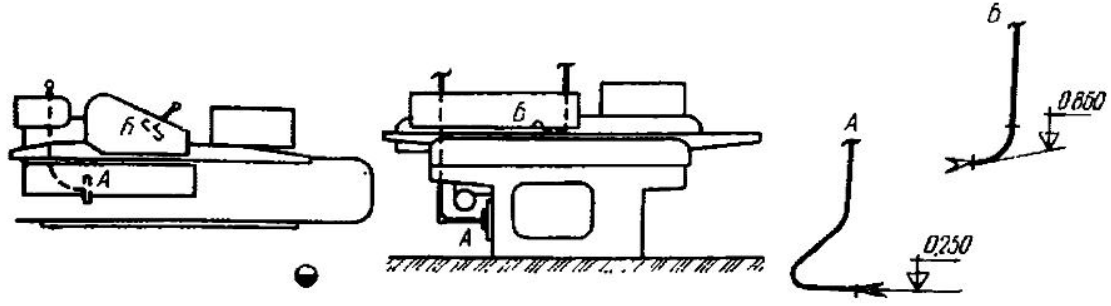


Продолжение

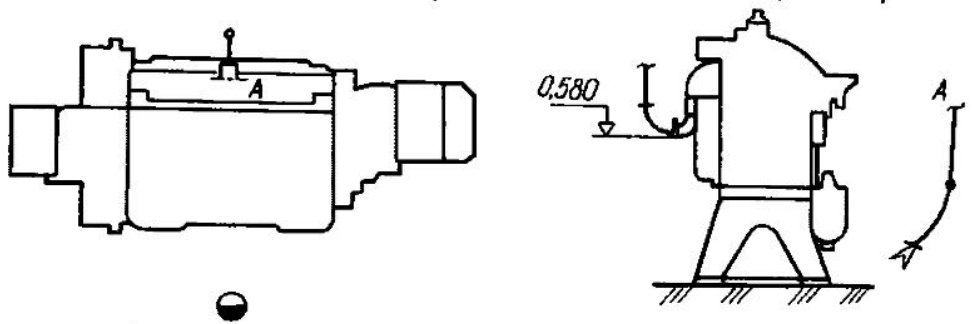
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок фуговальный односторонний с конвейерной подачей СФК6-1	Ножевой вал	А-1	0,175	1600 (1600)	18,5 (18)	1,0	191,1 / 19,5	Изготовитель — Курганский завод деревообрабатывающих станков



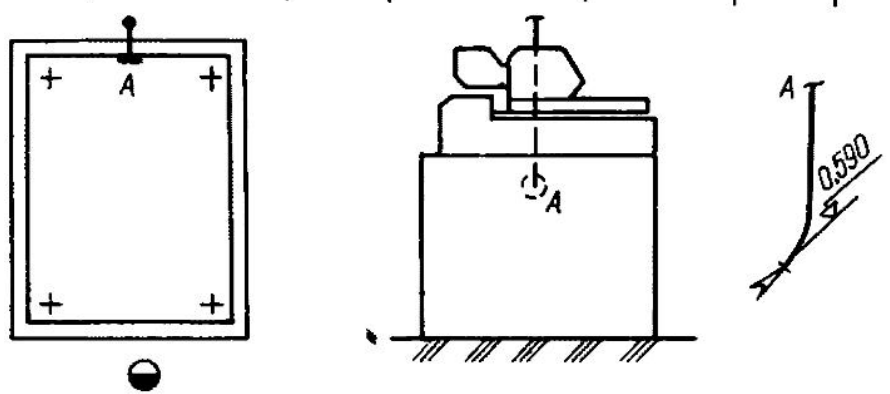
Станок фуговальный двухсторонний с механической подачей С2Ф4-1 (С2Ф3-3)	Ножевой вал	А-1	0,175	1500	17,3	1,0	223,6 / 16,25	Изготовитель — Курганский завод деревообрабатывающих станков
	То же	Б-1	0,075	264 (1764)	16,6 (18)	1,0		



Многошпиндельный шипорезный полуавтомат ШЛХ-2	Фреза	А-I	0,094	756 (756)	30 (18)	1,0	41,6 / 4,16	1. Изготовитель — Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий 2. Сечение патрубков, м: 0,07×0,1 3. Не выпускается

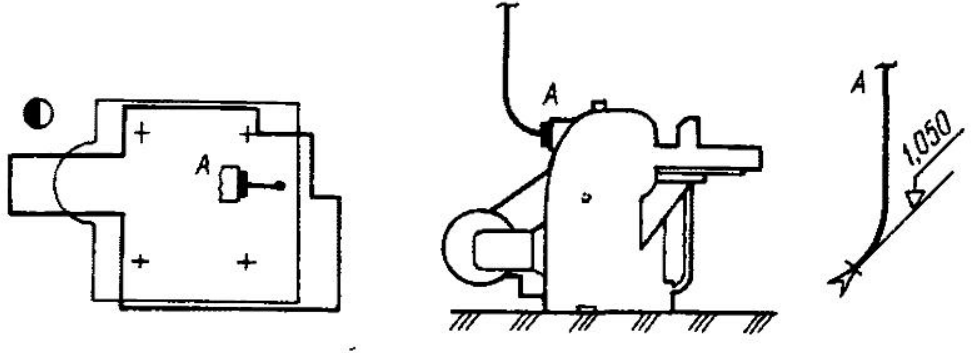


Станок шипорезный для ящичного шипа ШЛХ-3	Фреза	А-I	0,09	595 (595)	26 (18)	1,5	41,6 / 4,16	Изготовитель — Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий

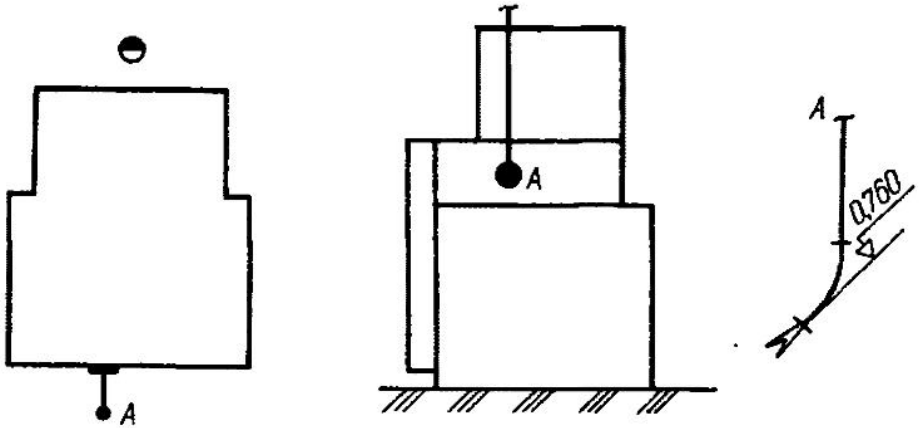


Продолжение

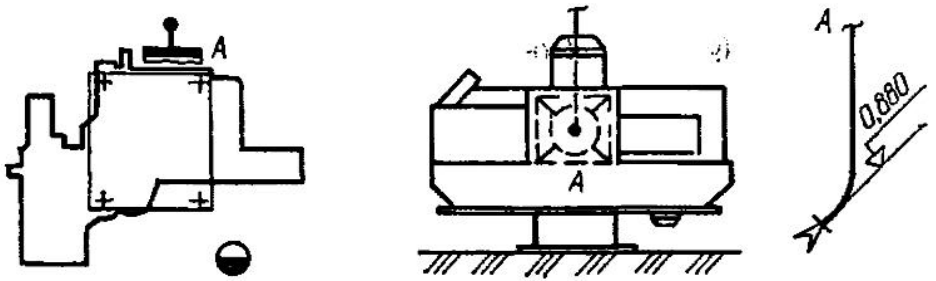
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок шипорезный односторонний для ящичного прямого шипа ШПА-40	Фреза	А-1	0,15	1907 (1907)	30 (18)	1,0	45,9 / 4,59	1. Изготовитель — Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий 2. Не выпускается



Станок шипорезный для ящичного типа односторонний ШПК-40	Фреза	А-1	0,15	1270 (1270)	20 (18)	0,8	45,9 / 4,59	Изготовитель — Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий

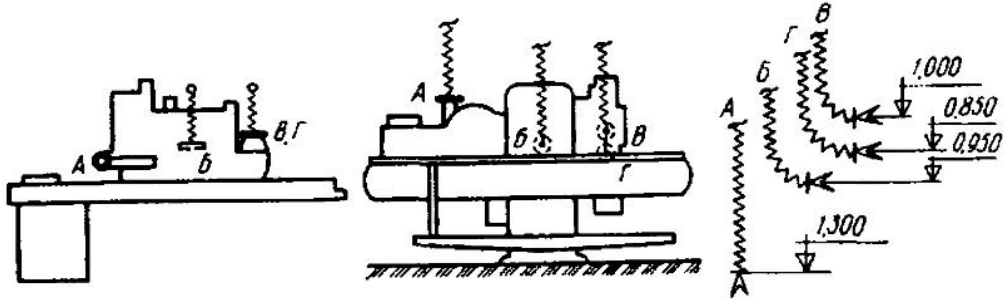


Станок шипорезный односторонний ШО10-4	Фреза Пила	А-1	0,2	2016 (2016)	17,8 (18)	1,1	117,0 / 13,0		Изготовитель — Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий

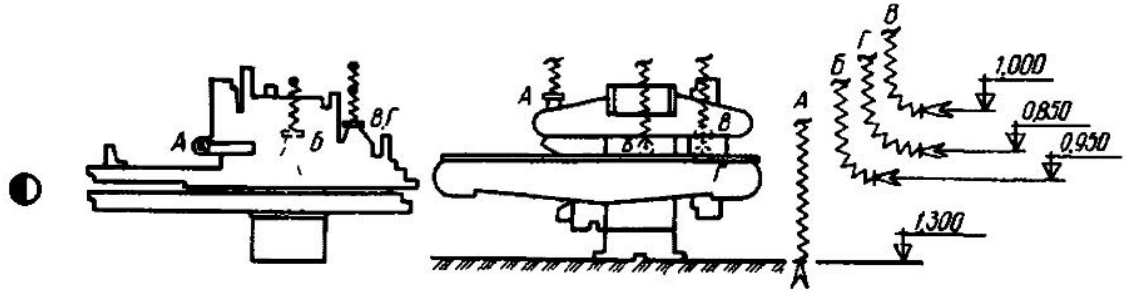


Продолжение

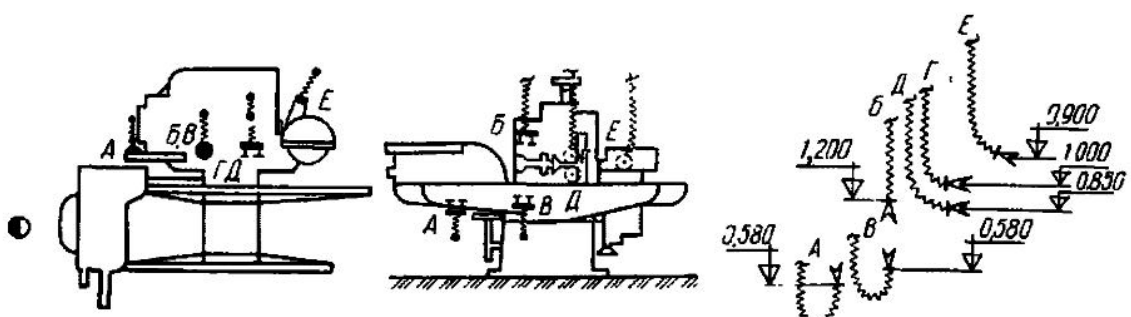
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок шипорезный рамный односторонний ШО16-4 (схема аналогична схеме станка ШО10-4)	Фреза Пила	А-1	0,2	2016 (2016)	17,8 (18)	1,1	175,5 / 17,55	Изготовитель — Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий
Шипорезный односторонний станок с конвейерной подачей ШО10-А (ШО15-А)	Пила	А-1	0,07	415	30 (18)	1,0	117,0 / 13,0	1. Изготовитель —Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий 2 Не выпускается
	Проушечный диск	Б-1	0,12	1221	30 (18)	1,0		
	Фреза	В, Г-2	0,1	848 (3332)	30 (18)	1,0		



Односторонний шипорезный станок с конвейерной подачей ШО15А-1	Пила	А-1	0,07	415	30 (18)	1,0	175,5 / 17,55	1. Изготовитель — Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий 2. Не выпускается
	Проушечный диск	Б-1	0,12	1221	30 (18)	1,0		
	Фрезы	В, Г-2	0,1	848 (3332)	30 (18)	1,0		

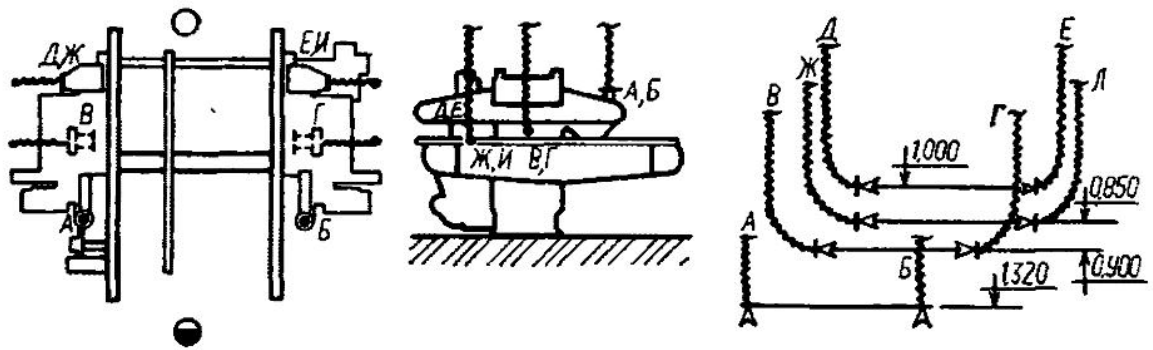


Односторонний шипорезный станок ШО-6	Пила	А-1	0,075	477	30 (18)	1,0	117,0 / 13,0	1. Изготовитель — Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий 2. Не выпускается
	Фрезы	Б, В-2	0,14	1662	30 (18)	1,0		
	Фрезы	Г, Д-2	0,08	543	30 (18)	1,0		
	Проушечный диск	Е-1	0,1	848 (5735)	30 (18)	1,0		

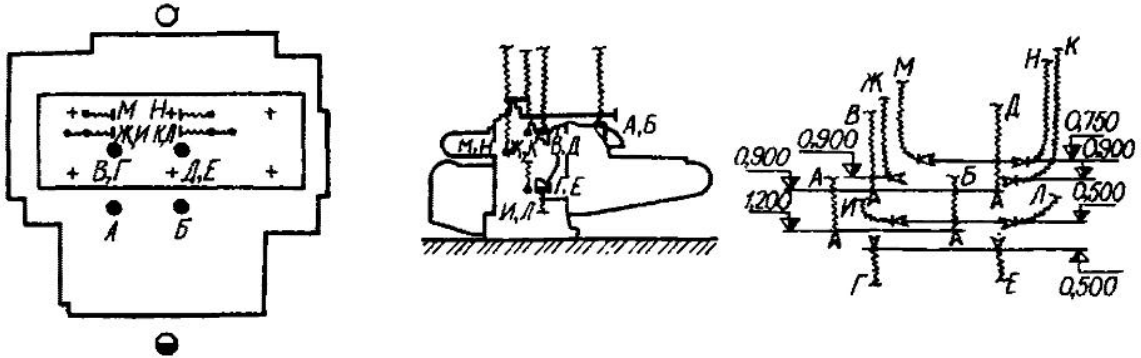


Продолжение

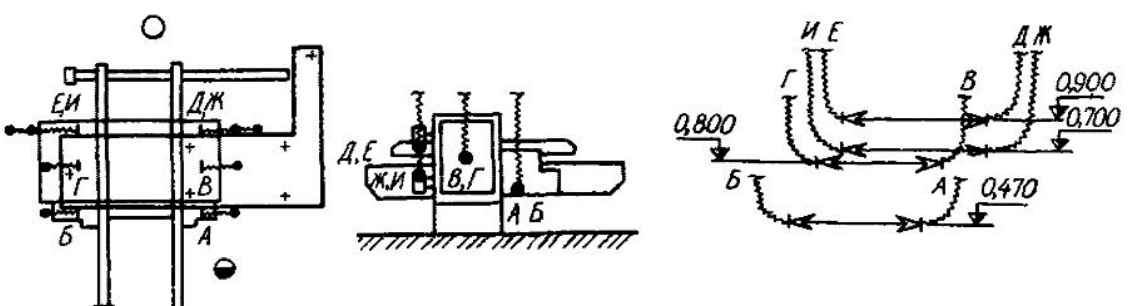
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Двухсторонний шипорезный станок ШД-10	Пилы	А, Б-2	0,075	477	30 (18)		259,35 / 18,2	1. Изготовитель — Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий
	Проушечный диск	В, Г-2	0,1	848	30 (18)	1,0		
(ШД-15)	Фрезы	Д, Е, Ж, И-4	0,1	848 (6042)	30 (18)			2. Не выпускается



Двухсторонний шипорезный станок ШД-12	Пилы	А, Б-2	0,1	848	30 (18)		259,35 / 18,2	1. Изготовитель — Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий
	Фрезы	В, Г, Д, Е-4	0,12	1221	30 (18)	1,0		
	Фрезы	Ж, И, К, Л-4	0,1	848	30 (18)			
	Проушечный диск	М, Н-2	0,1	848 (11 668)	30 (18)			2. Не выпускаются

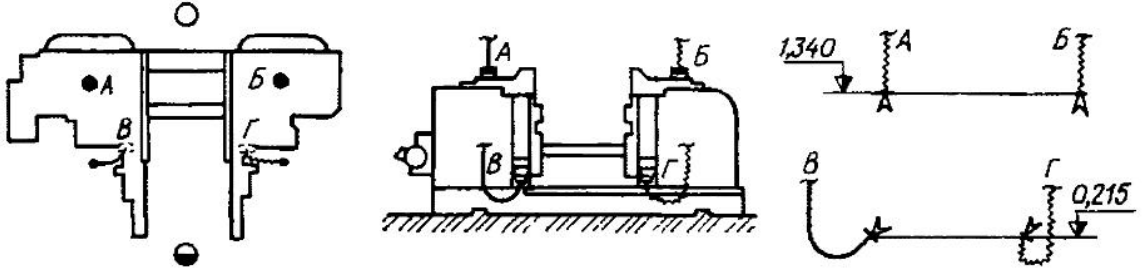


Шипорезный рамный двухсторонний станок Д10-8	Пилы	А, Б-2	0,1	900	31,8 (18)	0,7	$\frac{259,35}{18,2}$	Изготовитель — Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий
	Фрезы	В, Г-2	0,1	900				
	Фрезы	Д, Е, Ж, И-4	0,1	900 (7200)				

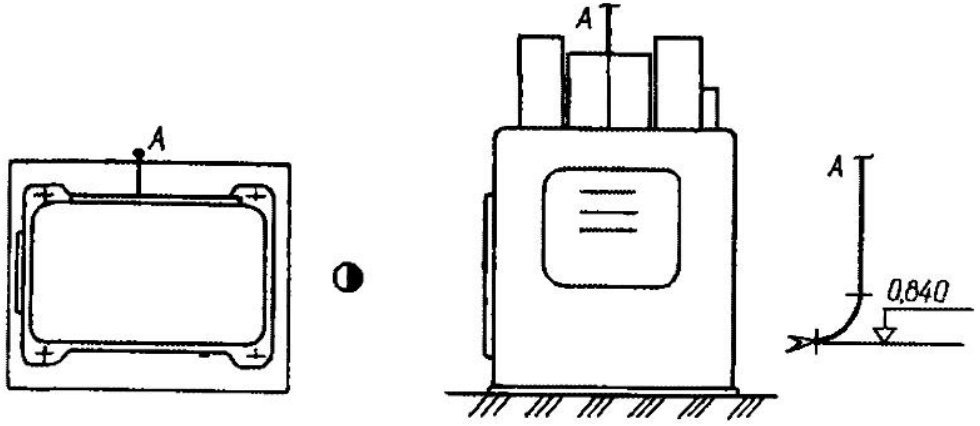


Продолжение

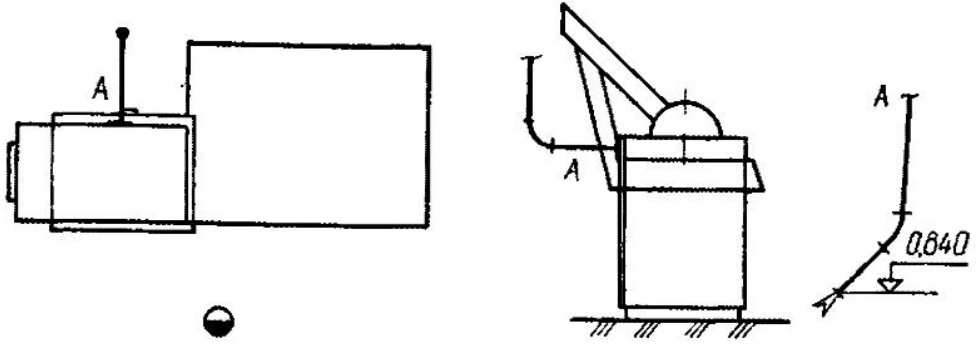
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок двусторонний шипорезный ящичный Ш2ПА-2	Фреза Пила	А, Б-2 В, Г-2	0,13 0,1	1433 848 (4562)	30 (18)	1,0	91,0 / 9,1	1. Изготовитель — Московский завод деревообрабатывающих станков и автоматических линий 2. Не выпускается



Станок круглопалочный КПА-20	Ножевая головка	А-1	0,077	586 (586)	35 (18)	1,0	292,5 / 58,5	1. Изготовитель — Нальчикский станкозавод 2. Не выпускается

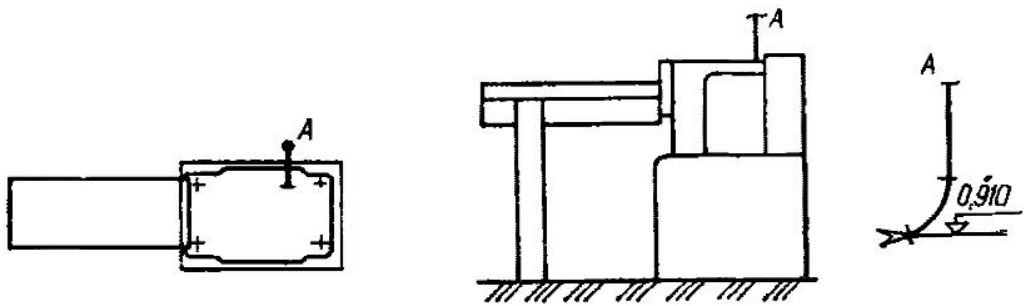


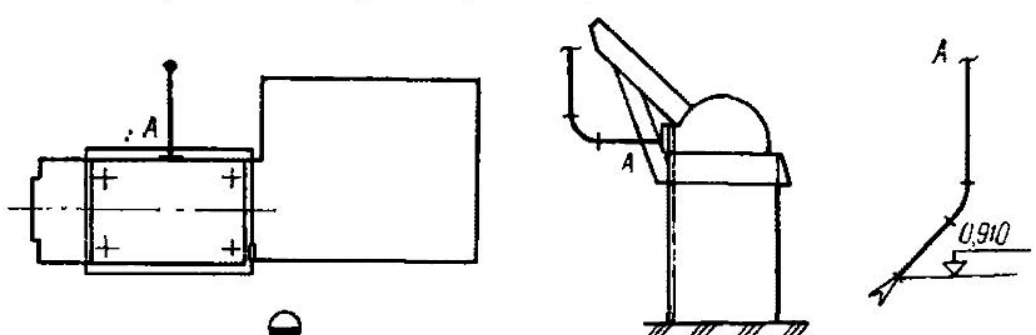
Станок. круглопалочный КПА20-1	Ножевая головка	А-1	0,09	801 (801)	35 (18)	1,0	292,5 / 58,5	Изготовитель — Нальчикский станкозавод



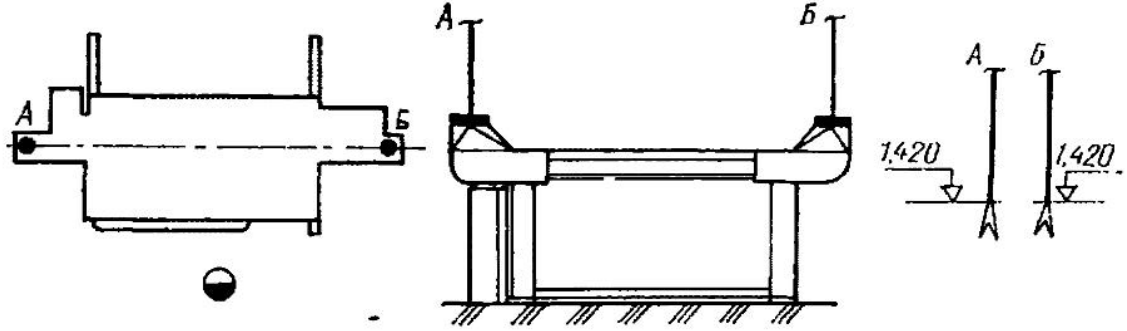
Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок круглопалочный КПА-50	Ножевая головка	А-1	0,097	798 (798)	30 (18)	1,0	292,5 / 58,5	1 Изготовитель — Нальчикский станкозавод 2 Не выпускаются
Станок круглопалочный КПА50-1	Ножевая головка	А-1	0,1	848 (848)	30 (18)	1,0	292,5 / 58,5	Изготовитель — Нальчикский станкозавод

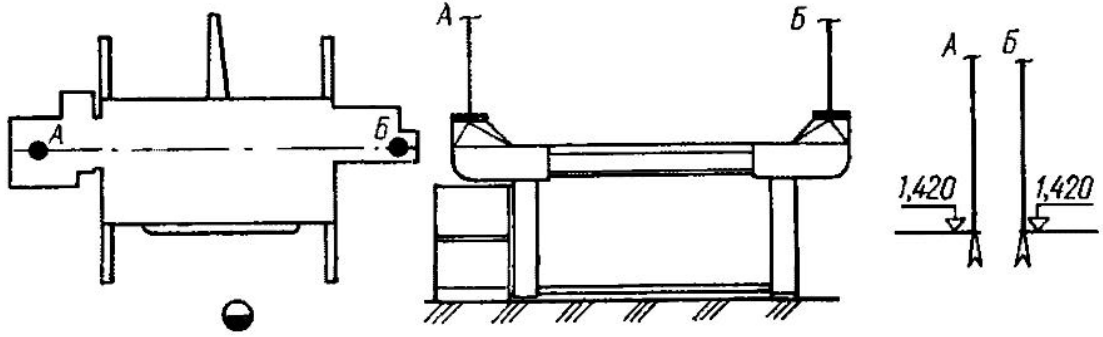




Станок шлифовальный ленточный с ручным перемещением стола и утюжка ШлПС-5П	Шлифовальная лента	А, Б-2	0,18	1500 (3000)	16,4 (16)	1,2	3,38 / 3,38	Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков

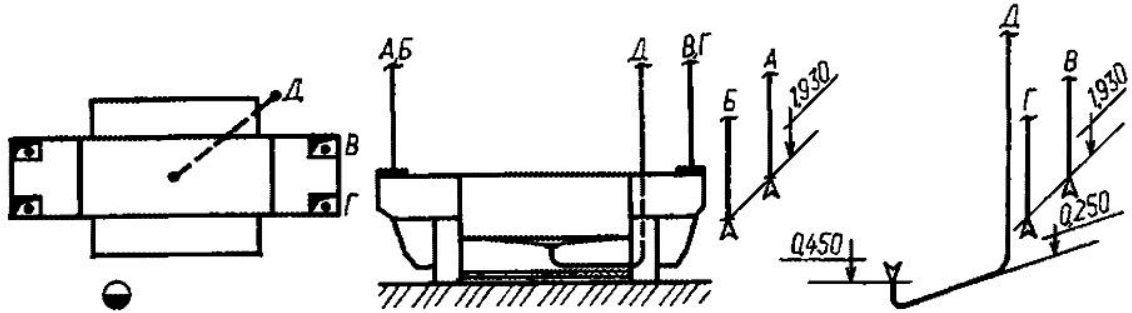


Станок шлифовальный ленточный с механизированным перемещением стола и утюжка ШлПС-7	Шлифовальная лента	А, Б-2	0,18	1500 (3000)	16,4 (16)	1,2	6,695 / 6,695	Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков

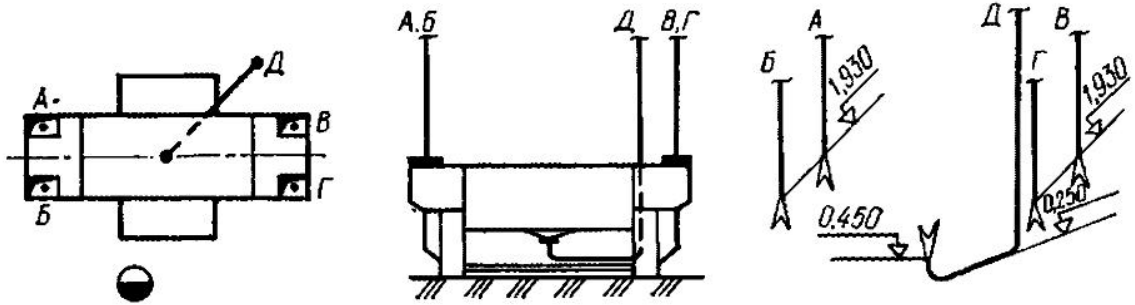


Продолжение

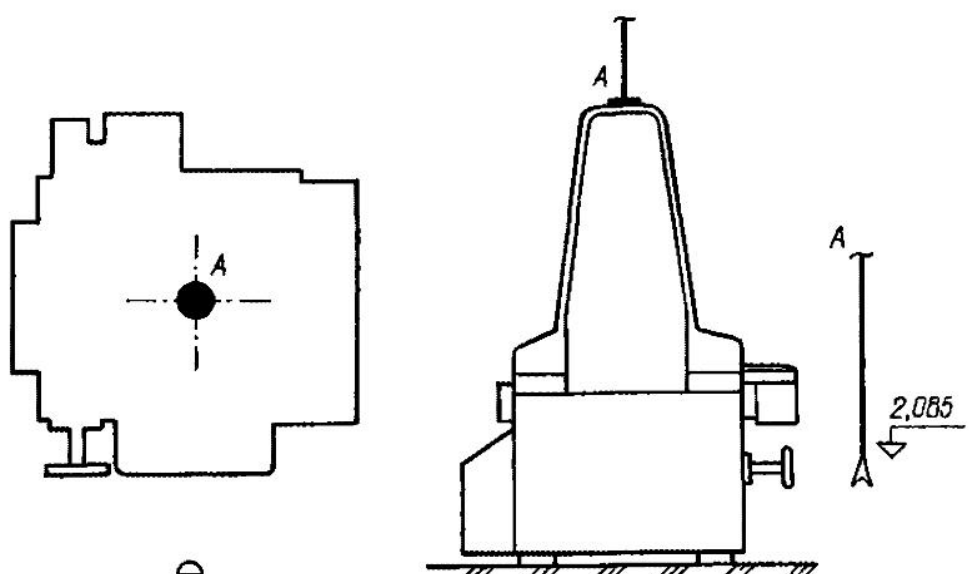
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок шлифовальный двухленточный с конвейерной подачей и протяжным утюжком ШлПС-9	Шлифовальная лента	А, Г-2 Б, В-2 Д-1	0,185 0,276 0,188	1872 4248 2016 (14 256)	20 (16)	1,1	45 045 / 45,045	1. Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков 2. Сечение патрубков, м: А, Г — 0,105 × ×0,255; Б, В — 0,235×0,255, Д — 0,14×0,2



Станок шлифовальный двухленточный с конвейерной подачей и протяжным утюжком ШлПС-10	Шлифовальная лента	А, Г-2 Б, В-2 Д-1	0,185 0,276 0,188	1872 4248 2016 (14 256)	20 (16)	1,1	45,045 / 45,045	1. Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков 2. Сечение патрубков, м: А, Г — 0,105× ×0,255; Б, В — 0,235×0,255; Д — 0,14×0,2

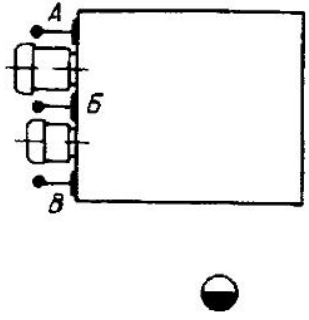


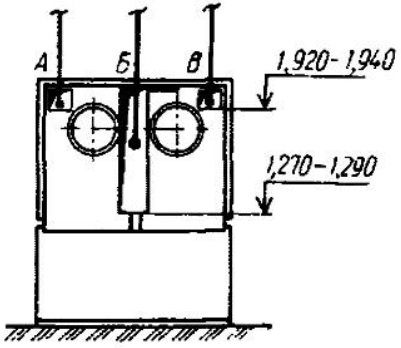
Станок шлифовальный широколенточный ШлК6 (ШлК8)	Шлифовальная лента	А-1	0,3	5087 (5087)	20 (16)	1,1	45,5 / 45,5	1. Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков 2. Не выпускаются

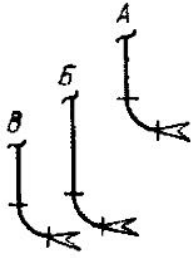


Продолжение

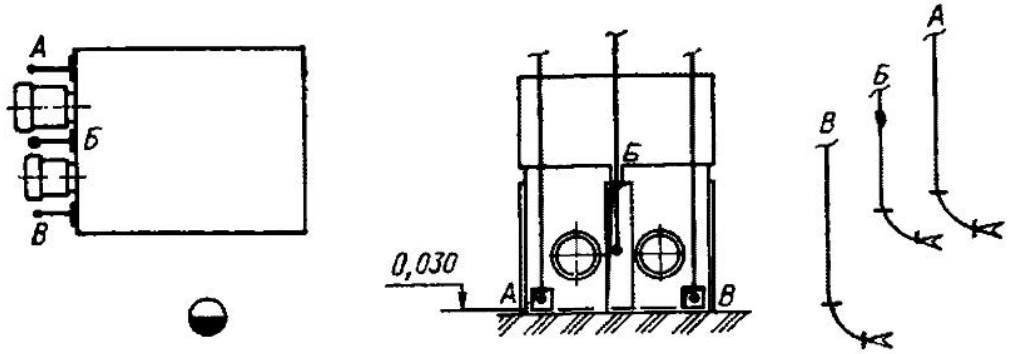
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок шлифовальный широколенточный с конвейерной подачей 2ШлКА	Шлифовальная лента	А, Б-2 В-1	0,267 0,551	5440 23 120 (34 000)	27 (16) 27 (16)	1,0	260,0 / 260,0	1. Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков 2 Сечение патрубков, м: А, Б — 0,2×0,28; В — 0,85×0,28



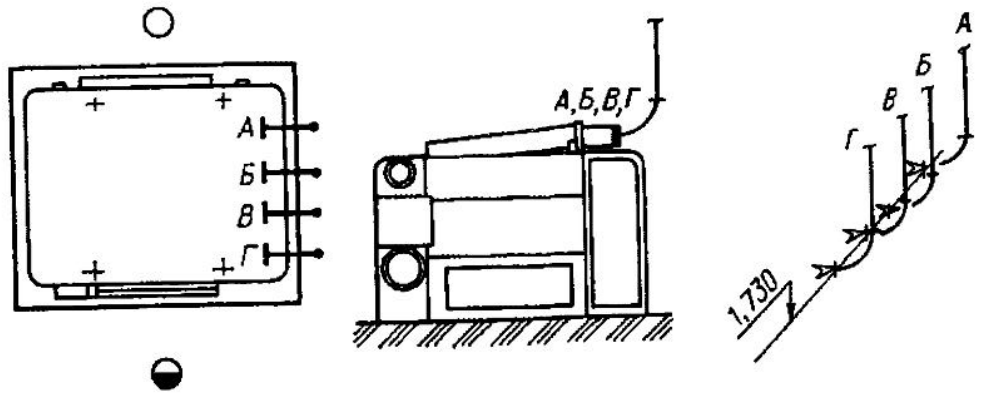




Станок шлифовальный широколенточный с нижним расположением шлифовальных агрегатов 2ШлКН	Шлифовальная лента	А, Б-2 В-1	0,267 0,551	5440 23 120 (34 000)	27 (16)	1,0	260,0 / 260,0	Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков

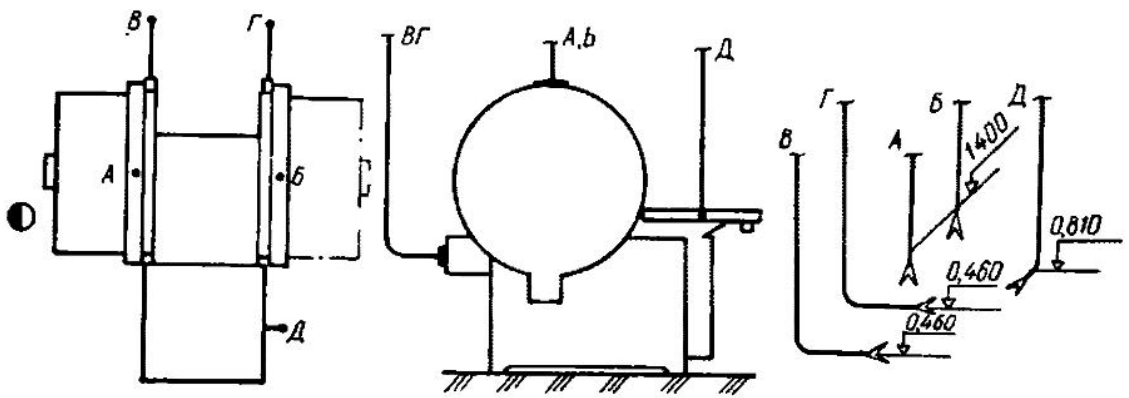


Станок плоскошлифовальный трехцилиндровый с конвейерной подачей ШлЗЦ12-2	Шлифовальный цилиндр	А, Б, В, Г-4	0,2	2826 (11 304)	25 (16)	1,1	74,88 / 74,88	Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков



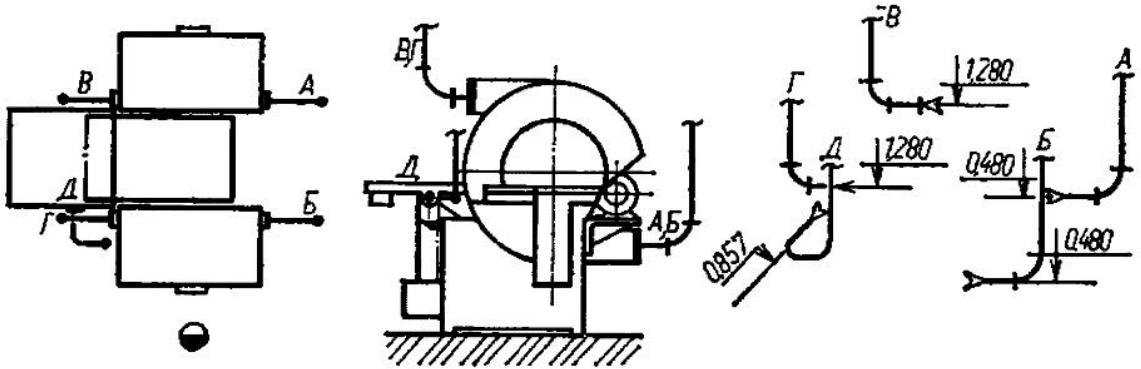
Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок шлифовальный с дисками и бобиной ШлДБ-4	Верхние рабочие части шлифовальных дисков	А, Б-2	0,098	500	19,8 (16)		4,16 / 4,16	1. Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков
	Нижние нерабочие части шлифовальных дисков	В, Г-2	0,098	500	19,8 (16)	1,2		2. Сечение патрубков, м: А, Б, В, Г — 0,05×0,15
	Бобина	Д-1	0,06	200 (2200)	19,7 (16)			

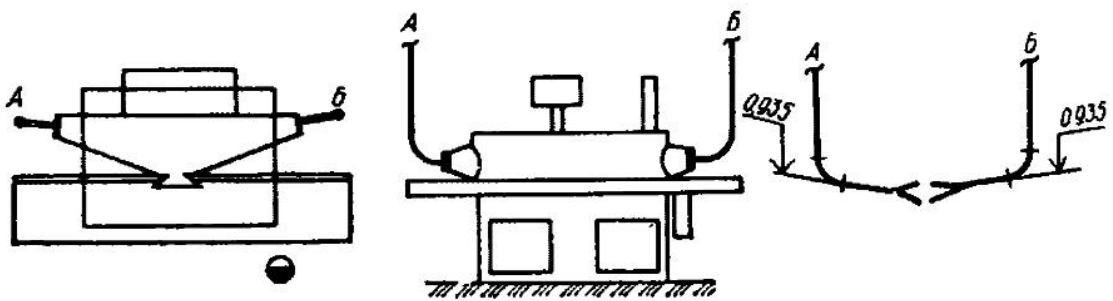


Станок шлифовальный с дисками и бобиной ШлДБ-5	Шлифовальные диски	А, Б, В, Г-4	0,138	1080			4,992 / 4,992	1. Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков
	Бобина	Д-1	0,06	204 (4524)	20	1,1		

								2. Сечение патрубков, м: А, Б, В, Г — 0,075×0,2

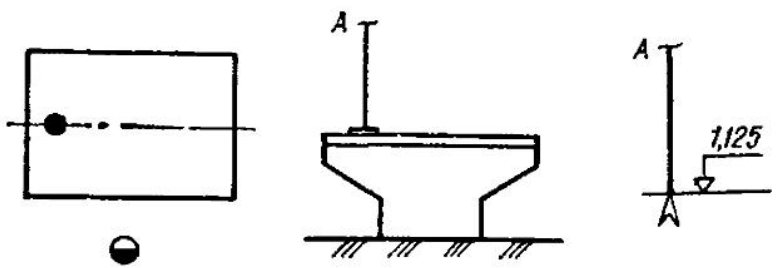


Станок кромкошлифовальный ленточный ШлНСВ	Шлифовальная лента	А-1 Б-1	0,14 0,14	1200 1200 (2400)	21,8 (16) 21,8 (16)	1,8 1,0	1,43 / 1,43	1. Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков 2. Не выпускаются

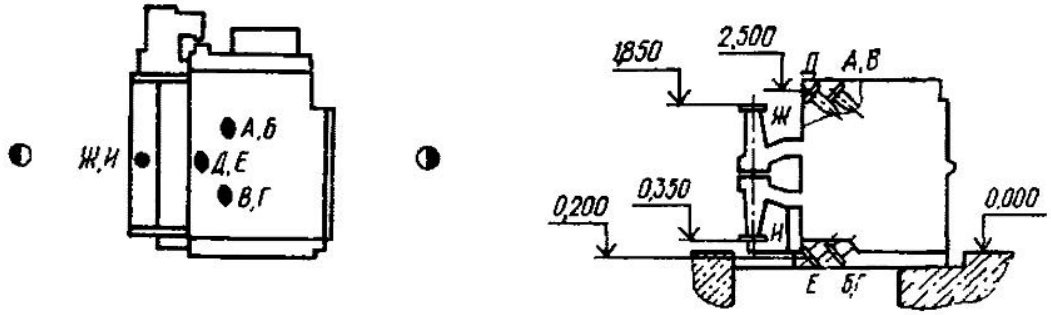


Продолжение

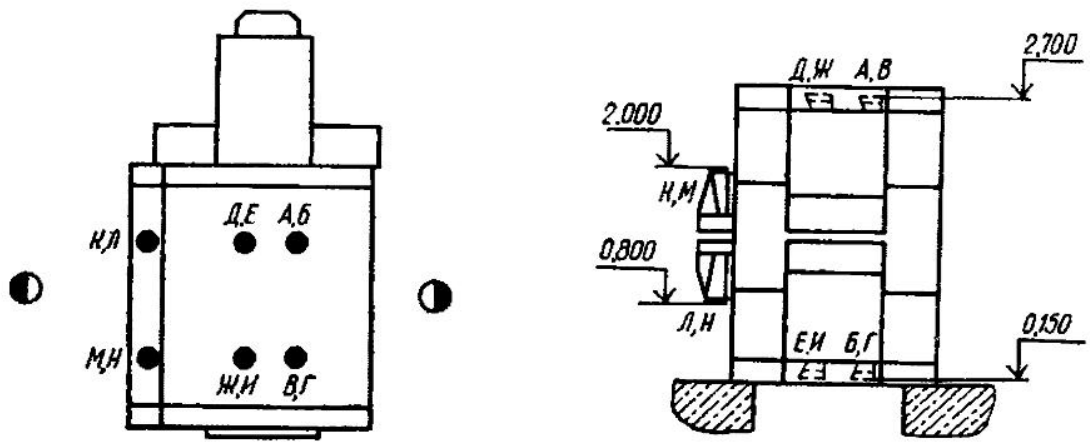
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок промежуточного шлифования лакокрасочных покрытий Шл-2В	Шлифовальный агрегат	А-1	0,1	707 (707)	25 (16)	1,1	1,0 / 1,0	Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков



Станок калибровально-шлифовальный ДКШ-1	Шлифовальный агрегат Щетки	А, Б, В, Г, Д, Е-6 Ж, И-2	0,2 0,2	3391 2261 (24 668)	30 (16) 30 (16)	1,1	1040,0 / 1040,0	Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков

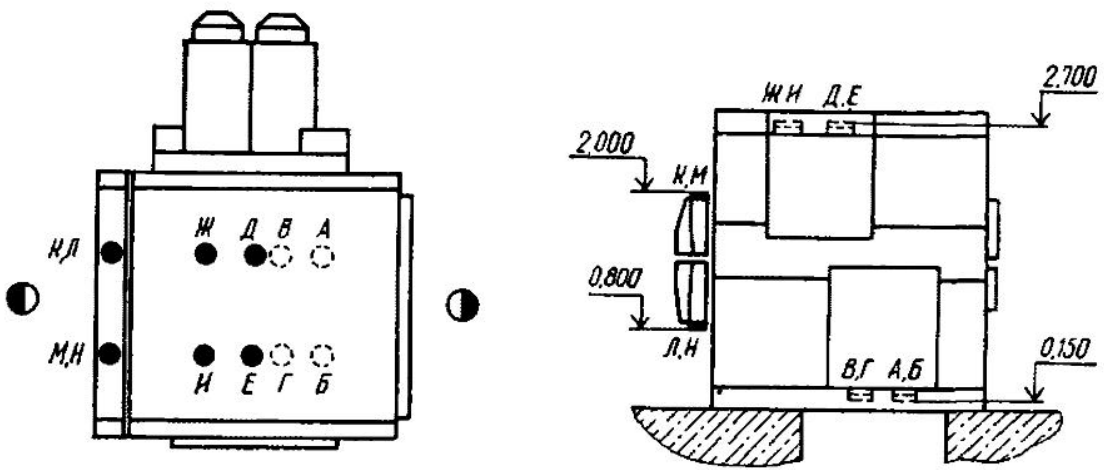


Станок калибровальный ДКШ-3	Шлифовальный агрегат	А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И-8	0,26	6304	33 (16)		1170,0 / 1170,0	Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков
	Щетки	К, Л, М, Н-4	0,26	3821 (65 716)	20 (16)	1,1		



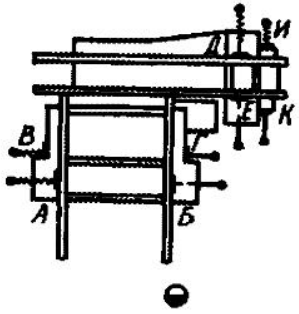
Продолжение

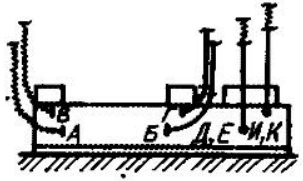
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок шлифовальный ДКШ-6	Шлифовальный агрегат	А, Б, В, Г Д, Е, Ж, И-8	0,26	3821	20 (16)	1,1	585,0 / 585,0	Изготовитель — Костромской завод деревообрабатывающих станков
	Щетки	К, Л, М, Н-4	0,26	3821 (45 849)	20 (16)			

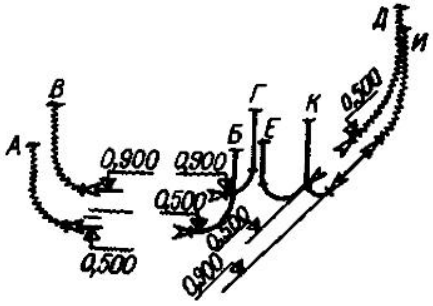


Станки форматные

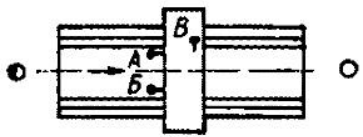
Станок форматный для обработки щитов ЦФ-2 (ЦФ-2М)	Фреза	А, Б, Д, Е-4	0,125	1236	28 (18)	1,0	84,5 / 10,4	Изготовитель — Ярославский завод деревообрабатывающих станков «Пролетарская свобода»
	Пила	В, Г, И, К-4	0,125	1236 (9888)	28 (18)	1,0		

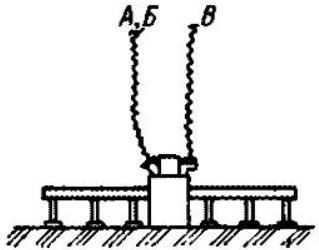


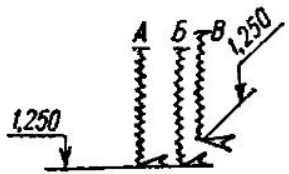




Станок форматно-обрезной трехпильный ЦТЗФ-1	Продольная пила	А, Б-2	0,1	840	29,7 (18)	1,3	55,7 / 4,74	Изготовитель — Вологодский станкозавод
	Поперечная пила	В-1	0,1	840 (2520)	29,7 (18)	1,3		

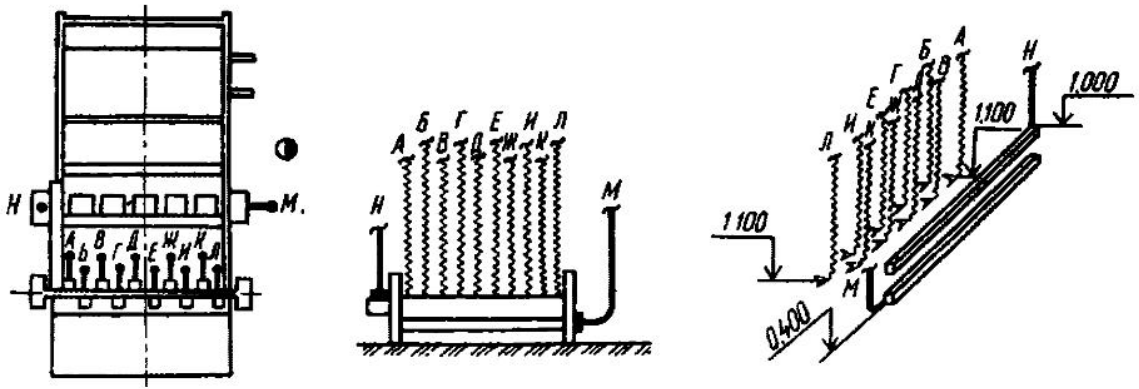






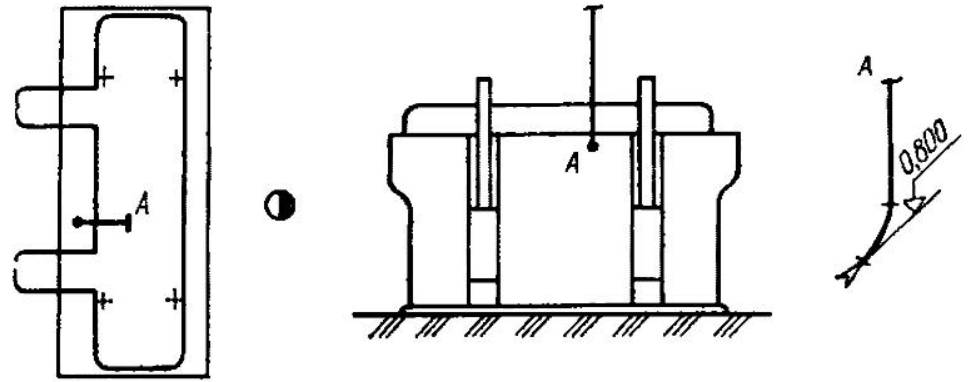
Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станок для раскроя плит с программным управлением ЦТМФ	Поперечные пилы	А, Б, В, Г Д, Е, Ж, И К, Л-10	0,1	860	30,4 (18)		200,5 / 17,2	Изготовитель — Вологодский станкозавод
	Продольная пила	М-1	0,18	2747	30,0 (18)	1,4		
	Продольный прижим	Н-1	0,1	860 (12 207)	30,4 (18)			



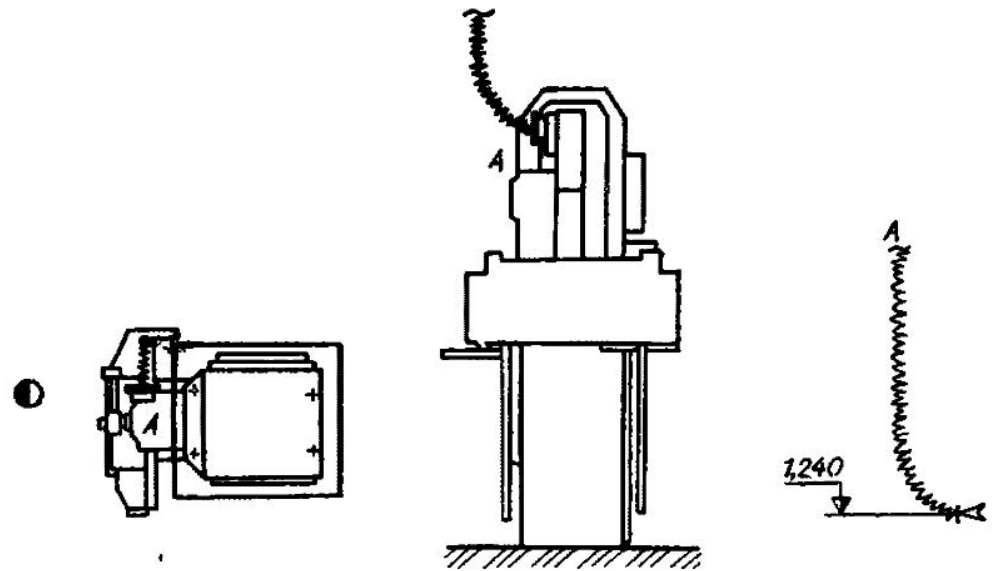
Станки усовочные

Станок усовочный УС	Дисковая фреза	А-1	0,1	550 (550)	19,4 (18)	1,0	50,0 / 5,2	Изготовитель — Ярославский завод деревообрабатывающих станков



Станки цепнодолбежные

Станок цепнодолбежный с автоподачей ДЦА-4	Режущая цепь	А-1	0,1	500 (500)	17,7 (18)	1,5	52,0 / 4,23	Изготовитель — Днепропетровский станкозавод



6.3. Определение числа и мощности систем

Данный этап проектирования пылеулавливающих сооружений следует начинать с разбивки технологического оборудования на группы, каждая из которых должна объединяться одной централизованной аспирационной системой, включающей все основные элементы. Такие группы определяются исходя, прежде всего, из схемы технологического процесса и технологической планировки, а также в соответствии с техническими параметрами имеющихся в распоряжении проектировщика тягодутьевых машин. Сумма значений объемов отсасываемого воздуха, указанных в паспортах технологического оборудования каждой группы, определяет производительность аспирационной системы. Оптимальная производительность одной аспирационной системы — 10 000 м³/ч. Конкретные условия могут существенно влиять на отклонение оптимума от указанного значения.

При определении состава группы технологического оборудования следует также иметь в виду, что для систем аспирации с постоянной производительностью при прочих равных условиях характерны следующие особенности с увеличением степени централизации уменьшается эксплуатационный коэффициент полезного действия систем, т. е. возрастает доля бесполезных расходов тепловой и электрической энергии, возрастает степень зависимости работы технологического оборудования от работы систем аспирации, удорожаются работы по реконструкции систем аспирации при изменениях технологической планировки; с уменьшением степени централизации увеличивается суммарная установленная мощность приводов тягодутьевых машин, увеличивается число единиц обслуживаемого оборудования систем аспирации. Методика научно обоснованного подхода к выполнению данного этапа проектирования систем аспирации пока отсутствует.

В отделочных и окрасочных цехах согласно нормативным требованиям аспирацию шлифовального оборудования следует выполнять отдельно от другого оборудования

6.4. Конструирование и расчет пылеулавливающих сооружений

6.4.1. Подбор пылеулавливающего оборудования и конструктивное оформление станций пылеуловителей

Начинать конструирование аспирационных систем следует с определения способа (сухого или мокрого) очистки аспирационного воздуха, подбора и установки пылеулавливающих аппаратов Поскольку из-за отмеченных в гл. 5 особенностей мокрый способ очистки пылевых выбросов не имеет широкого распространения в деревообработке, в настоящем разделе рассматривается только сухой способ.

Располагать пылеулавливающие аппараты рекомендуется возможно ближе к источникам выделения пыли в целях экономии электрической энергии на перемещение материаловоздушного потока по трубопроводной

сети. Сухие пылеуловители — циклоны, фильтры — устанавливают чаще всего рядом с обслуживаемыми корпусами в осях, приходящихся на центр нагрузок, т. е. на центр источников выделения пыли и других измельченных отходов. В ряде случаев, в частности, когда нагрузки аспирационных систем находятся в середине корпусов, имеющих значительные размеры в плане, выгодно использовать для установки пылеулавливающего оборудования площадь покрытия. В этих случаях циклоны и фильтры стремятся располагать над центром нагрузок. Рекомендуемые схемы разгрузки сухих пылеуловителей и сбора уловленного продукта для его кратковременного хранения представлены на рис. 6.1.

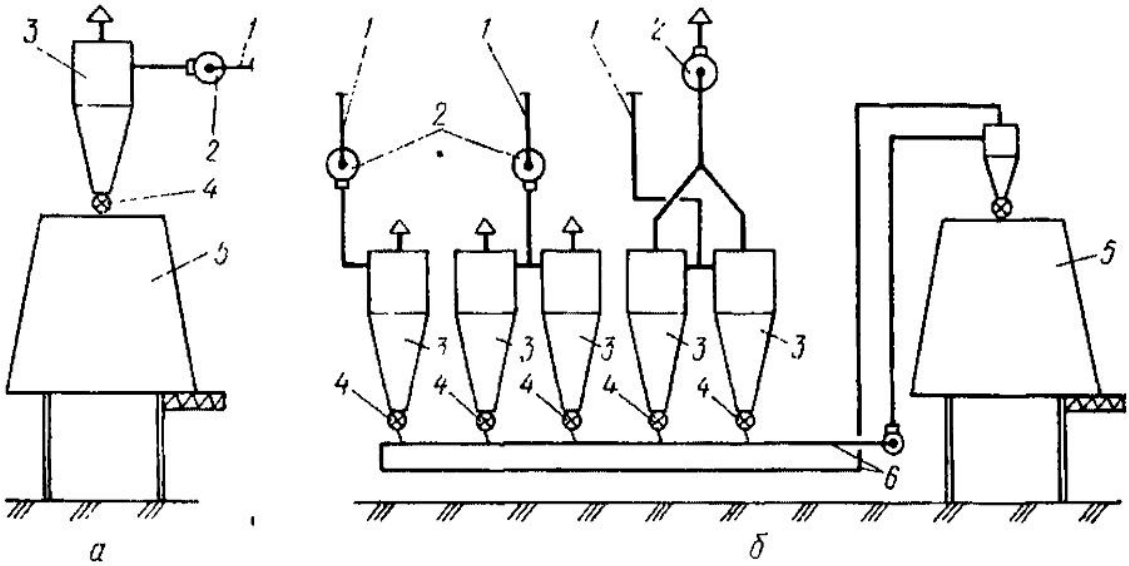


Рис. 6.1. Схемы разгрузки сухих пылеуловителей:

а — непосредственно в бункер, *б* — на конвейер; *1* — отводящий магистральный коллектор; *2* — тягодутьевая машина, *3* — сухой пылеуловитель, *4* — шлюзовой питатель (затвор), *5* — бункер для сбора и хранения уловленного продукта; *6* — пневматический конвейер уловленного продукта

Пылеулавливающее оборудование должно удовлетворять требованиям санитарных и природоохранных норм при минимальных затратах на очистку аспирационного воздуха. Наиболее дешевы, просты в изготовлении и эксплуатации сухие пылеуловители — циклоны, с помощью которых удовлетворительно очищаются выбросы в атмосферу. Рукавные фильтры для прямоточных систем следует применять только тогда, когда с помощью циклонов невозможно достичь необходимой степени очистки выбросов для обеспечения в приземном слое атмосферы допустимых значений концентраций пыли, или если при одинаковой степени очистки циклонная установка оказывается хуже по технико-экономическим показателям.

Приводимый ниже порядок расчета позволяет осуществлять выбор оптимального варианта циклонной установки. В его основе лежат экспериментальные и теоретические исследования Ленинградской лесотехнической академии им. С. М. Кирова [9], позволяющие учитывать при подборе циклонов типа УЦ основные параметры, влияющие на процесс очистки выбросов от пыли деревообрабатывающих производств: фрак-

ционную характеристику пыли, начальную запыленность воздуха, скорость потока на входе в циклон.

Для расчета необходимы следующие исходные данные.

1. Объем очищаемого воздуха при рабочих условиях L, м³/ч. Этой величиной является определенная ранее мощность системы аспирации.

2. Плотность воздуха ρ при рабочих условиях в системах аспирации с применением вентиляторов низкого и среднего давления следует принимать равной 1,2 кг/м³.

3. Начальная запыленность воздуха (перед входом в циклон) C_1, мг/м³. Эту величину следует принимать равной величине отношения суммы максимальных мгновенных значений выхода пыли от всех подключенных к данной системе режущих органов станков к объему очищаемого воздуха. Такая величина начальной запыленности соответствует условиям, когда в технологическом процессе выделяется теоретически возможное максимальное количество пыли, отсасываемой данной аспирационной системой.

4. Максимально допустимая запыленность выброса после очистки C_2, мг/м³. Это задаваемая проектировщиком величина. Строительными нормами и правилами регламентируется величина запыленности выбросов в атмосферу в зависимости от объема выбрасываемого запыленного газа в единицу времени (объем выброса) и токсичности пыли:

при объеме выброса до 15 тыс. м³/ч

$$C_2 \leqslant (160 - 4L)\,K, \text{ мг/м}^3; \tag{6.1}$$

при объеме выброса 15 тыс. м³/ч и более

$$C_2 \leqslant 100K, \text{ мг/м}^3. \tag{6.2}$$

Коэффициент K принимается в зависимости от величины предельно допустимой концентрации (ПДК) данной пыли в воздухе рабочей зоны, установленной санитарными нормами:

ПДК рабочей зоны, мг/м³	$\leqslant 2$	>2—4	>4—6	>6—10
K	0,3	0,6	0,8	1

ПДК рабочей зоны для древесной пыли — 6 мг/м³.

В результате расчета загрязнения атмосферного воздуха пылью с учетом всех источников выброса пыли и фонового загрязнения воздуха населенного пункта может оказаться, что запыленность выбросов из тех или иных источников C_2, удовлетворяя требованиям СНиП (формулы 6.1 и 6.2), все же недостаточно мала. В этих случаях подбирают циклоны, задаваясь меньшим значением C_2, или принимается решение о применении фильтров.

5. Максимальная величина потерь давления в циклонной установке Δp, Па. Ограничение величины гидравлического сопротивления циклонной установки путем задания Δp_{max} диктуется технико-экономическими соображениями. В настоящее время принято считать нецелесообразным применение в прямоточных системах аспирации сухих пылеуловителей, в которых потери давления достигают 2000 Па.

6. Максимальное число циклонов в одной установке N_{max}, шт., устанавливаемых параллельно, также задается проектировщиком в со-

ответствии с конкретными условиями Более 8 циклонов в одной установке применять не рекомендуется.

7. Тариф на электроэнергию T, р/тыс. кВт·ч зависит от района расположения предприятия и количества потребляемой им электроэнергии Для средних условий (среднее предприятие в г. Москве) $T=24$ р/тыс кВт·ч

8. Число часов работы аспирационной системы в год n, ч, принимается равным числу часов работы в год того производства, для которого рассчитывается аспирационная система.

Расчет.

1. Определяется максимально допустимое значение коэффициента проскока пыли:

$$E_{max} = C_2/C_1. \qquad (6\ 3)$$

2. По таблицам характеристик пыли (табл. 6.3 и 6.4) определяют величины расчетных параметров улавливаемой частицы d и m Для этого находят табличное значение E, равное E_{max}, или ближайшее меньшее, и принимают значения d и m, находящиеся в этой же строке Табл. 6.3 пригодна также для расчета циклонных установок в системах аспирации процессов шлифования лаковых поверхностей.

6.3. Характеристика пыли (шлифование)

Коэффициент проскока пыли E	Диаметр расчетной частицы d, мкм	Масса расчетной частицы m, мг·10^{-9}	Коэффициент проскока пыли E	Диаметр расчетной частицы d, мкм	Масса расчетной частицы m, мг·10^{-9}
0,0002	6,67	202,4	0,008	22,8	8100,6
0,0003	7,64	303,8	0,00857	23,3	8677,8
0,0004	8,37	404,7	0,00923	23,9	9346,2
0,0006	9,63	607,6	0,01	24,6	10127,4
0,0008	10,6	809,4	0,0109	25,3	11038,8
0,000857	10,8	865,8	0,012	26,1	12152,0
0,001	11,4	1011,2	0,0133	27,0	13469,2
0,0012	12,1	1213,0	0,015	28,1	15190,0
0,0015	13,1	1516,8	0,017	29,3	17214,0
0,002	14,4	2024,6	0,02	30,9	20252,6
0,003	16,4	3038,0	0,024	32,9	24304,0
0,00342	17,2	3463,3	0,03	35,4	30380,0
0,004	18,1	4051,4	0,04	39,1	40507,4
0,0048	19,2	4860,8	0,05	42,1	50632,6
0,006	20,7	6076,0	0,06	44,7	60760,0
0,00666	21,5	6744,3	0,075	48,1	75950,0
0,0075	22,3	7595,0	0,084	50,0	85604,0

Табл. 6.3 и 6.4 составлены в Ленинградской ЛТА им С. М Кирова на основании анализа (в контексте методики расчета циклонов) фракционного состава пылей, образующихся при различных видах механической обработки древесных материалов.

Далее рассчитывают варианты циклонных установок. Результаты расчета записывают в табл. 6.8 (см. пример расчета).

6.4. Характеристика пыли (пиление и фрезерование)

Коэффициент проскока пыли E	Диаметр расчетной частицы d, мкм	Масса расчетной частицы m, мг·10^{-6}	Коэффициент проскока пыли E	Диаметр расчетной частицы d, мкм	Масса расчетной частицы m, мг·10^{-6}
0,002	34,2	27255,2	0,00857	55,5	116789,4
0,0024	36,3	32706,2	0,00923	56,9	125781,9
0,003	39,1	40882,8	0,01	58,4	136276,0
0,00333	40,5	45379,0	0,0109	60,1	148540,8
0,00375	42,1	51103,5	0,012	62,1	163531,2
0,004	43,0	54510,4	0,0133	64,2	181247,1
0,00429	44,1	58459,8	0,015	66,9	204414,0
0,00462	45,2	62960,4	0,017	69,7	231669,2
0,005	46,4	68138,0	0,02	73,7	272552,0
0,00545	47,7	74270,6	0,024	78,3	327062,4
0,006	49,3	81765,6	0,03	84,3	408828,0
0,00667	51,0	90896,9	0,04	92,8	545104,0
0,0075	53,1	102207,0	0,05	100,0	681380,0
0,008	54,2	109020,8			

3. Для первого варианта с помощью графиков рис. 5.4—5.18 подбирают один циклон наибольшего калибра, у которого при расходе воздуха L скорость в сечении входного патрубка не менее 7 м/с, а сопротивление 4-й модификации не больше заданного сопротивления Δp_{max}. Если расход очищаемого воздуха настолько велик, что сопротивление одного циклона УЦ 2000-4 превышает Δp_{max}, принимается большее число циклонов этого калибра, устанавливаемых параллельно, с равномерным распределением воздуха по циклонам.

4. Определяют минимальную допустимую скорость воздуха в сечении входного патрубка циклона, м/с:

$$v_{вх.\,min} = \sqrt{\frac{156 \cdot R}{C_2 m 10^3}}, \qquad (6.4)$$

где R — радиус корпуса циклона, м (см. табл. 5.1).

5. Определяют расчетную величину скорости воздуха в сечении входного патрубка циклона, м/с:

$$v_{вх.\,р} = \frac{L}{3600 f_{вх} N}, \qquad (6.5)$$

где $f_{вх}$ — площадь сечения входного патрубка циклона, м², определяется по табл. 5.1; N — число циклонов данного варианта.

Если $v_{вх\,р} < v_{вх\,min}$, переходят к следующему варианту: для ближайшего меньшего калибра определяется минимальное число циклонов и далее — с п. 4.

6. Определяют максимальное значение параметра M, при котором обеспечивается заданная запыленность воздуха после очистки C_2:

$$M_{max}^{R'} = \frac{C_2}{R'' v' \dfrac{C_1}{5000} (30/d)^3}, \qquad (6.6)$$

где M — отношение диаметра выходного патрубка циклона к диаметру корпуса. Четыре конструктивных значения этого параметра, $M_к$, соответствуют четырем модификациям циклонов:

Модификация	1	2	3	4
$M_к$	0,38	0,45	0,525	0,6

R' и R'' — функции конструктивного размера циклонов R.

$$R' = \frac{1,854}{R^{1,78}}; \qquad R'' = \frac{237}{R^{1,6}};$$

v' — функция скорости потока в сечении входного патрубка циклона:

$$v' = \frac{84,85}{v_{вх.\ р}^{1,6}}.$$

Для облегчения инженерных расчетов значения R' и R'' для циклонов с УЦ 500 по УЦ 2000 и v' для практически реального диапазона скоростей приведены в табл. 6.5 и 6.6.

6.5. Значения R′ и R″

Циклоны	R, м	R'	R''	Циклоны	R, м	R'	R''
УЦ 500	0,250	21,87	2177,92	УЦ 1200	0,600	4,60	536,66
УЦ 560	0,280	17,87	1816,74	УЦ 1300	0,650	3,99	472,15
УЦ 630	0,315	14,49	1504,70	УЦ 1400	0,700	3,50	419,36
УЦ 710	0,355	11,71	1242,74	УЦ 1500	0,750	3,09	375,53
УЦ 800	0,400	9,47	1026,71	УЦ 1600	0,800	2,76	338,69
УЦ 900	0,450	7,68	850,37	УЦ 1800	0,900	2,24	280,51
УЦ 1000	0,500	6,37	718,44	УЦ 2000	1,000	1,85	237,0
УЦ 1100	0,550	5,37	616,83				

7. Определяют модификацию циклонов: принимается та модификация из четырех, которой соответствует значение $M_к$, равное M_{max}, или ближайшее меньшее.

8. Определяются потери давления в циклонной установке. Они равны гидравлическому сопротивлению одного циклона в установке, работающего параллельно с другими, и находятся либо по графикам рис. 5.4—5.18, либо расчетным путем по формуле, Па,

$$\Delta p = 1,432 \frac{R\rho v_{вх.\ р.}^2}{M_к^{1,712}}. \qquad (6.7)$$

9. Определяют приведенные затраты для рассчитываемого варианта $S_{пр}$, р. как сумму годовых затрат на электроэнергию $S_{эл}$, р., амортизационных отчислений, равных для циклонных установок 0,125 от суммы капитальных затрат, и самих капитальных затрат с коэффициентом 0,15, т. е.

$$S_{пр} = S_{эл} + 0,275 S_{кап}, \qquad (6.8)$$

где годовые затраты на электроэнергию подсчитываются по формуле

$$S_{эл} = Tnl.\Delta p 2,78 \cdot 10^{-10}. \qquad (6.9)$$

6.6. Значения v'

$v_{вх\ р'}$ м/с	v'	$v_{вх\ р'}$ м/с	v'	$v_{вх.\ р'}$ м/с	v'	$v_{вх.\ р'}$ м/с	v'
7,0	3,753	12,3	1,523	17,6	0,858	22,9	0,563
7,1	3,669	12,4	1,503	17,7	0,850	23,0	0,559
7,2	3,588	12,5	1,484	17,8	0,845	23,1	0,555
7,3	3,509	12,6	1,465	17,9	0,835	23,2	0,551
7,4	3,434	12,7	1,447	18,0	0,828	23,3	0,548
7,5	3,361	12,8	1,429	18,1	0,820	23,4	0,544
7,6	3,290	12,9	1,411	18,2	0,813	23,5	0,540
7,7	3,222	13,0	1,394	18,3	0,806	23,6	0,536
7,8	3,156	13,1	1,377	18,4	0,799	23,7	0,533
7,9	3,093	13,2	1,360	18,5	0,792	23,8	0,529
8,0	3,031	13,3	1,344	18,6	0,785	23,9	0,526
8,1	2,971	13,4	1,328	18,7	0,779	24,0	0,522
8,2	2,914	13,5	1,312	18,8	0,772	24,1	0,519
8,3	2,858	13,6	1,296	18,9	0,766	24,2	0,515
8,4	2,803	13,7	1,281	19,0	0,759	24,3	0,512
8,5	2,751	13,8	1,267	19,1	0,753	24,4	0,509
8,6	2,700	13,9	1,252	19,2	0,746	24,5	0,505
8,7	2,650	14,0	1,238	19,3	0,740	24,6	0,502
8,8	2,602	14,1	1,224	19,4	0,734	24,7	0,499
8,9	2,550	14,2	1,210	19,5	0,728	24,8	0,495
9,0	2,510	14,3	1,196	19,6	0,722	24,9	0,492
9,1	2,466	14,4	1,183	19,7	0,716	25,0	0,489
9,2	2,424	14,5	1,170	19,8	0,711	25,1	0,486
9,3	2,382	14,6	1,157	19,9	0,705	25,2	0,483
9,4	2,342	14,7	1,145	20,0	0,699	25,3	0,480
9,5	2,302	14,8	1,132	20,1	0,694	25,4	0,477
9,6	2,264	14,9	1,120	20,2	0,688	25,5	0,474
9,7	2,227	15,0	1,108	20,3	0,683	25,6	0,471
9,8	2,190	15,1	1,097	20,4	0,677	25,7	0,468
9,9	2,155	15,2	1,085	20,5	0,672	25,8	0,465
10,0	2,121	15,3	1,074	20,6	0,667	25,9	0,462
10,1	2,087	15,4	1,063	20,7	0,662	26,0	0,459
10,2	2,055	15,5	1,052	20,8	0,657	26,1	0,457
10,3	2,023	15,6	1,041	20,9	0,652	26,2	0,454
10,4	1,992	15,7	1,030	21,0	0,647	26,3	0,451
10,5	1,961	15,8	1,020	21,1	0,642	26,4	0,448
10,6	1,932	15,9	1,010	21,2	0,637	26,5	0,446
10,7	1,903	16,0	1,000	21,3	0,632	26,6	0,443
10,8	1,875	16,1	0,990	21,4	0,627	26,7	0,440
10,9	1,848	16,2	0,980	21,5	0,623	26,8	0,438
11,0	1,821	16,3	0,970	21,6	0,618	26,9	0,435
11,1	1,795	16,4	0,961	21,7	0,614	27,0	0,432
11,2	1,769	16,5	0,951	21,8	0,609	27,1	0,430
11,3	1,744	16,6	0,942	21,9	0,605	27,2	0,427
11,4	1,720	16,7	0,933	22,0	0,600	27,3	0,425
11,5	1,696	16,8	0,924	22,1	0,596	27,4	0,422
11,6	1,672	16,9	0,916	22,2	0,592	27,5	0,420
11,7	1,650	17,0	0,907	22,3	0,587	27,6	0,417
11,8	1,627	17,1	0,899	22,4	0,583	27,7	0,415
11,9	1,605	17,2	0,890	22,5	0,579	27,8	0,413
12,0	1,584	17,3	0,882	22,6	0,575	27,9	0,410
12,1	1,563	17,4	0,874	22,7	0,571	28,0	0,408
12,2	1,543	17,5	0,866	22,8	0,567	28,1	0,406

$v_{вх.\ р}$, м/с	v'	$v_{вх.\ р}$, м/с	v'	$v_{вх.\ р}$, м/с	v'	$v_{вх.\ р}$, м/с	v'
28,2	0,403	28,7	0,392	29,2	0,381	29,7	0,371
28,3	0,401	28,8	0,390	29,3	0,379	29,8	0,369
28,4	0,399	28,9	0,388	29,4	0,377	29,9	0,367
28,5	0,397	29,0	0,386	29,5	0,375	30,0	0,365
28,6	0,394	29,1	0,384	29,6	0,373		

В табл. 6.7 приведены величины капитальных затрат на сооружения очистки воздуха с применением циклонов типа УЦ на стальных опорах (без сборных бункеров).

6.7. Капитальные затраты для циклонных установок на стальных опорных конструкциях

Цикл (калибр)	Сумма $S_{кап}$, р., при числе циклонов в установке, шт.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
УЦ 500	475	825	1182	1535	1879	2224	2 576	2 934
УЦ 560	504	877	1259	1635	2003	2371	2 747	3 129
УЦ 630	562	983	1413	1838	2253	2669	3 093	3 523
УЦ 710	620	1085	1560	2029	2488	2947	3 416	3 891
УЦ 800	705	1238	1782	2319	2845	3371	3 908	4 451
УЦ 900	764	1341	1929	2510	3079	3648	4 229	4 817
УЦ 1000	935	1640	2360	3069	3765	4460	5 170	5 890
УЦ 1000	1065	1793	2736	3570	4388	5207	6 040	6 883
УЦ 1200	1151	2057	2978	3890	4785	5682	6 593	7 515
УЦ 1300	1127	1978	2854	3720	4570	5420	6 286	7 163
УЦ 1400	1223	2176	3146	4105	5047	5989	6 948	7 918
УЦ 1500	1296	2322	3365	4397	5412	6427	7 459	8 502
УЦ 1600	1389	2506	3641	4764	5870	6976	8 099	9 233
УЦ 1800	1762	3191	4641	6076	7491	8906	1 342	11 792
УЦ 2000	1935	3440	4973	6487	8084	9462	10 976	12 509

Очередной вариант зависит от следующего:

если в рассчитанном варианте число циклонов N было меньше N_{max}, то принимается установка с большим на единицу числом параллельно работающих циклонов того же калибра, и расчет начинается с определения $v_{вх\ р}$, т. е. с п. 5;

если в рассчитанном варианте число циклонов было максимально допустимым, то переходят к циклонам ближайшего меньшего калибра и начинают с определения максимального числа циклонов;

если при максимальном числе циклонов потери давления $\Delta p > \Delta p_{max}$, то расчет вариантов заканчивается.

На основании технико-экономического сравнения вариантов принимается какой-либо один, для которого рассчитывается значение запылен-

ности воздуха после очистки $C_р$, мг/м³, которое соответствует конструктивному значению параметра $M_к$ (модификации) данного варианта

$$C_р = M_K^{R'} R'' v \frac{C_1}{5000} \cdot \left(\frac{30}{d}\right)^2. \qquad (6.10)$$

Пример расчета. Исходные данные: $L = 15000$ м³/ч; $C_1 = 3700$ мг/м³; $C_2 = 60$ мг/м³; $\Delta p_{max} = 1800$ Па; $N_{max} = 4$ шт., улавливаемая пыль — от шлифования щитов мебельных заготовок из древесностружечной плиты, $T = 24$ р/тыс кВт·ч; $n = 4000$ ч (250 рабочих дней в году при двухсменной работе).

$$E_{max} = 60/3700 = 0{,}0162.$$

По табл 6.3 принимают значения d и m, соответствующие $E = 0{,}015$ ($d = 28{,}1$ мкм; $m = 15190{,}0 \cdot 10^{-9}$ мг).

По графику рис 5.18 находим, что циклоном наибольшего калибра, с которого следует начать расчет вариантов, является циклон УЦ 2000, так как при расходе 15000 м³/ч сопротивление его 4-й модификации $\Delta p \simeq 1100$ Па, т. е. меньше заданного Δp_{max}.

Первый вариант.

$$v_{вх.\,min} = \sqrt{\frac{156 \cdot 1{,}0}{60 \cdot 15190 \cdot 10^{-6}}} = 13{,}1 \text{ м/с}.$$

$$v_{вх\ р} = \frac{15000}{3600 \cdot 5^2 \cdot 1} = 16{,}7 \text{ м/с}$$

$$M_{max}^{1{,}85} = \frac{60}{273 \cdot 0{,}933 \cdot \frac{3700}{5000} \cdot \left(\frac{30}{28{,}1}\right)^3} = 0{,}26;$$

$$1{,}85 \lg M_{max} = \lg 0{,}26, \text{ откуда } M_{max} = 0{,}48.$$

Принимается 2-я модификация циклона с $M_к = 0{,}45$, т. е. УЦ 2000-2

По графику рис. 5.18 определяется сопротивление циклона УЦ 2000-2 при входной скорости $v_{вх\ р} = 16{,}7$ м/с. Оно равно 187 Па

$$S_{пр} = 24 \cdot 4000 \cdot 15000 \cdot 1874 \cdot 2{,}78 \cdot 10^{-10} + 0{,}275 \cdot 1935 = 1282 \text{ р}.$$

Второй вариант. 2 циклона УЦ 2000.

$$v_{вх.\,р} = \frac{15000}{3600 \cdot 0{,}5^2 \cdot 2} = 8{,}4 \text{ м/с};$$

$v_{вх\ р} < v_{вх\ min}$, значит нужно перейти к следующему варианту.

Третий вариант Так как согласно графику рис. 5.17 Δp одного циклона УЦ-1800-4 при заданном $L = 15000$ м³/ч меньше 1800 Па, принимается циклон УЦ 1800

$$v_{вх.\,min} = \sqrt{\frac{156 \cdot 0{,}9}{60 \cdot 15190 \cdot 10^{-6}}} = 12{,}4 \text{ м/с}.$$

$$v_{вх.\,р} = \frac{15000}{3600 \cdot 0{,}45^2 \cdot 1} = 20{,}6 \text{ м/с}.$$

$$M_{max}^{2{,}24} = \frac{60}{280{,}51 \cdot 0{,}667 \cdot 3700/5000\,(30/28{,}1)^3} = 0{,}36;$$

$$M_{max} = 0{,}63.$$

Циклон УЦ 1800-4.
$\Delta p = 1574$ Па.
$S_{пр} = 1114$ р.
Четвертый вариант. 2 циклона УЦ 1800.

$$v_{вх.\,р} = \frac{15000}{3600 \cdot 0{,}45^2 \cdot 2} = 10{,}6 \text{ м/с};$$

$$v_{вх.\,р} < v_{вх.\,min}$$

Пятый вариант. Сопротивление одного циклона УЦ 1600-4Δp согласно графику рис. 5.16 больше p_{max}. Принимаются 2 циклона УЦ 1600.

$$v_{вх.\,min} = \sqrt{\frac{156 \cdot 0{,}8}{60 \cdot 15190 \cdot 10^{-6}}} = 11{,}7 \text{ м/с}.$$

$$v_{вх\ р} = \frac{15000}{3600 \cdot 0{,}4^2 \cdot 2} = 13{,}0 \text{ м/с}.$$

$$M_{max}^{2,76} = \frac{60}{338{,}69 \cdot 1{,}394 \cdot 3700/5000 \cdot (30/28{,}1)^3} = 0{,}141;$$

$$M_{max} = 0{,}49.$$

Циклон УЦ 1600-2.
$\Delta p = 912$ Па.
$S_{пр} = 1054$ р.
Шестой вариант. 3 циклона УЦ 1600.

$$v_{вх.\,р} = \frac{15000}{3600 \cdot 0{,}4^2 \cdot 3} = 8{,}7 \text{ м/с};$$

$$v_{вх.\,р} < v_{вх.\,min}$$

Седьмой вариант. По известной схеме принимается минимальное число циклонов УЦ 1500 : 2 цнклона

$$v_{вх.\,min} = \frac{156 \cdot 0{,}75}{60 \cdot 15190 \cdot 10^{-6}} = 11{,}3 \text{ м/с}.$$

$$v_{вх.р} = \frac{15000}{3600 \cdot 0{,}375^2 \cdot 2} = 14{,}8 \text{ м/с}.$$

$$M_{max}^{3,09} = \frac{60}{375{,}53 \cdot 1{,}132 \cdot 3700/5000\ (30/28{,}1)^3} = 0{,}157;$$

$$M_{max} = 0{,}549.$$

Циклон УЦ 1500-3.
$\Delta p = 851$ Па.
$S_{пр} = 978$ р.
Восьмой вариант. 3 циклона УЦ 1500.

$$v_{вх.\,р} = \frac{15000}{3600 \cdot 0{,}375^2 \cdot 3} = 9{,}9;$$

$$v_{вх.\,р} < v_{вх.\,min}.$$

Девятый и последующие варианты рассчитываются аналогично предыдущим. Результаты расчета для удобства сводятся в таблицу (см. табл. 6.8). Оптимальным вариантом является девятый — 2 циклона УЦ 1400-4; $S_{пр} = 932$ р.

6.8. Результаты расчета циклонов

Вариант	Циклон (калибр)	Количество циклонов N, шт.	Скорость во входном патрубке, м/с		M_{max}	$M_к$	Модификация	Сопротивление установки Δp, Па	Приведенные затраты $S_{пр}$, р.
			$v_{вх.\,min}$	$v_{вх\,р}$					
1	УЦ 2000	1	13,1	16,7	0,480	0,45	2	1874	1282
2	УЦ 2000	2	13,1	8,4	—	—	—	—	—
3	УЦ 1800	1	12,4	20,6	0,630	0,6	4	1574	1114
4	УЦ 1800	2	12,4	10,6	—	—	—	—	—
5	УЦ 1600	2	11,7	13,0	0,490	0,45	2	912	1054
6	УЦ 1600	3	11,7	8,7	—	—	—	—	—
7	УЦ 1500	2	11,3	14,8	0,549	0,525	3	851	978
8	УЦ 1500	3	11,3	9,9	—	—	—	—	—
9	УЦ 1400	2	10,9	17,0	0,608	0,6	4	834	932
10	УЦ 1400	3	10,9	11,3	0,504	0,45	2	603	1106
11	УЦ 1400	4	10,9	8,5	—	—	—	—	—
12	УЦ 1300	2	10,5	19,7	0,665	0,6	4	1039	960
13	УЦ 1300	3	10,5	13,1	0,565	0,525	3	578	1016
14	УЦ 1300	4	10,5	9,8	—	—	—	—	—
15	УЦ 1200	2	10,1	23,1	0,722	0,6	4	1319	1094
16	УЦ 1200	3	10,1	15,4	0,626	0,6	4	586	1053
17	УЦ 1200	4	10,1	11,6	0,568	0,525	3	418	1237
18	УЦ 1100	2	9,7	27,5	0,777	0,6	4	1714	1179
19	УЦ 1100	3	9,7	18,3	0,688	0,6	4	759	1056
20	УЦ 1100	4	9,7	13,7	0,631	0,6	4	425	1152
21	УЦ 1000	3	9,2	22,2	0,748	0,6	4	1015	1055
22	УЦ 1000	4	9,2	16,6	0,695	0,6	4	567	1071
23	УЦ 900	3	8,8	27,4	0,803	0,6	4	1392	1087
24	УЦ 900	4	8,8	20,6	0,787	0,6	4	787	1005
25	УЦ 800	4	8,3	26,0	0,813	0,6	4	1114	1084
26	УЦ 710	4	7,8	32,8	0,859	0,6	4	1573	1187

Подставляя в формулу (6.10) численные значения, соответствующие этому варианту, вычисляют расчетное значение концентрации пыли в выбросах:

$$C_р = 0{,}6^{3{,}50} \cdot 419{,}36 \cdot 0{,}907 \cdot 3700/5000\,(30/28{,}1)^3 = 57{,}3 \text{ мг/м}^3.$$

6.4.2. Конструирование трубопроводных сетей

В задачи конструирования трубопроводных сетей систем аспирации входят: выбор конструктивной схемы сети, выбор марки коллектора и места его расположения (при кустовой схеме), нанесение трассы трубопроводов на планы, определение отметок прокладки горизонтальных участков сети, определение места расположения тягодутьевого оборудования

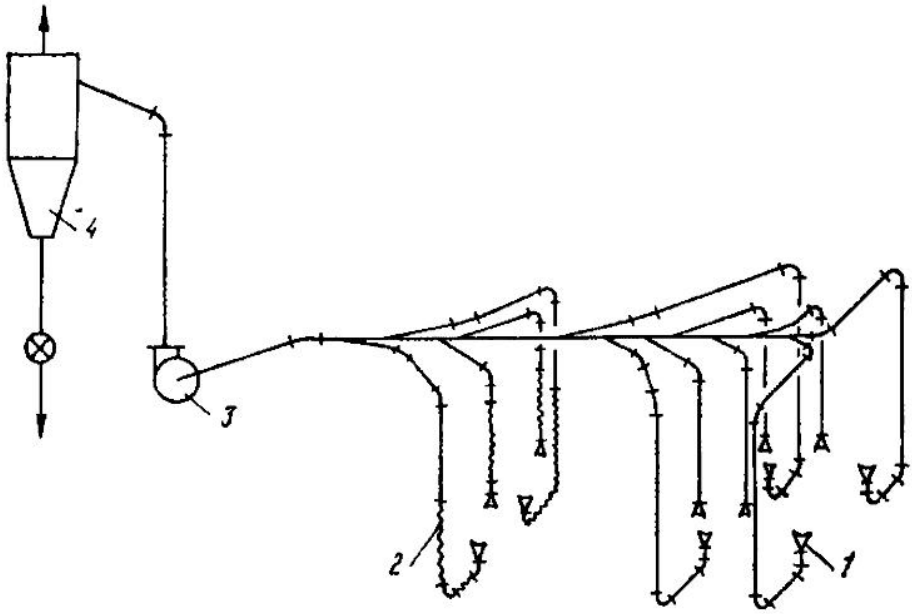


Рис. 6.2. Схема разветвленной трубопроводной сети:
1 — присоединительный патрубок отсоса технологического оборудования, *2* — рукав; *3* — тягодутьевая машина; *4* — пылеулавливающий аппарат

Из конструктивных схем трубопроводных сетей наибольшее распространение получили две: разветвленная схема (рис. 6.2) и кустовая схема (рис. 6.3). При выборе конструктивной схемы необходимо иметь в виду особенности той и другой:

разветвленная сеть трубопроводов более проста в изготовлении, так как собирается только из прямых и фасонных частей воздуховодов, но она не допускает возможности в период эксплуатации изменять расположение и состав технологического оборудования, подключенного к ней, без полного перерасчета и переделки всей системы;

кустовые схемы предусматривают более сложные в изготовлении элементы сети — коллекторы, но они позволяют производить изменения в расположении и наборе обслуживаемого технологического оборудования, ограничиваясь минимальными переделками трубопроводной сети (от оборудования до коллектора) и несложными расчетами.

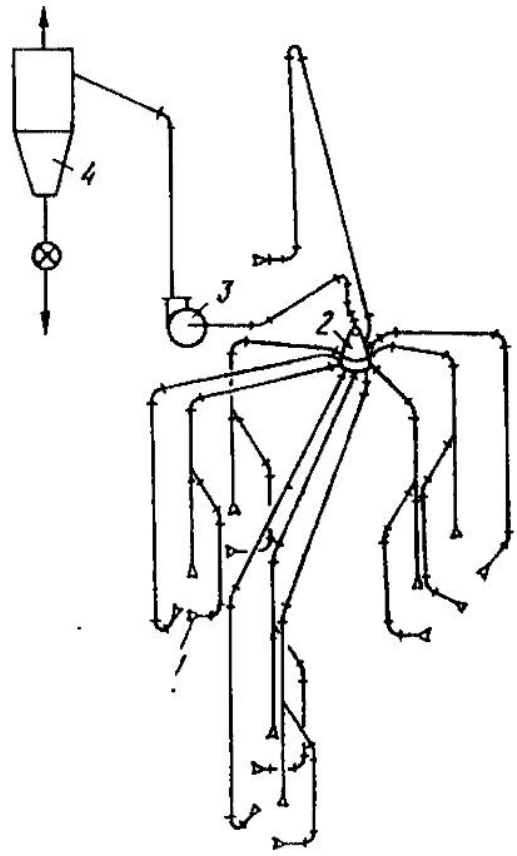


Рис. 6.3. Схема кустовой трубопроводной сети. Обозначения см. на рис. 6.2

Вследствие этих особенностей разветвленные схемы рекомендуется предусматривать только в тех случаях, когда подключаемое к проектируемой аспирационной системе технологическое оборудование стабильно по своему составу и расположению, например при подключении к системе аспирации станков одной технологической линии

При конструировании кустовых аспирационных систем выбор типа коллектора определяется конкретными архитектурно-планировочными и конструктивными условиями; тип коллектора не имеет принципиального значения, а разнообразие конструкций не ограничено приведенными в табл 3.8. Место расположения коллектора выбирают, как правило, таким образом, чтобы он находился приблизительно в эпицентре нагрузок.

Трассы трубопроводов прокладывают в пределах этажа, на котором располагается технологическое оборудование,— под перекрытием, под фермами и между ними. Тягодутьевые машины располагаются, как правило, в блоке с пылеулавливающим оборудованием, что обеспечивает наилучшие условия для обслуживания оборудования аспирационных систем.

Толщина листовой стали для изготовления воздуховодов принимается после выполнения гидравлического расчета сети в зависимости от скорости воздуха в воздуховодах и от условий их прокладки (табл 6.9).

6.9. Рекомендуемая толщина стенок воздуховодов δ, мм (не менее)

Диаметр воздуховода $d \leqslant 200$ мм	Диаметр воздуховода $d > 200$ мм	
	скорость воздуха $v \leqslant 23$ м/с	скорость воздуха $v > 23$ м/с
1,4 / 2,0	1,4 / 2,0	2,0 / 3,0

Примечания: 1. Предполагается, что расходная массовая концентрация μ в системах аспирации не превышает 0,2 кг твердых частиц на 1 кг воздуха. 2. В числителе указаны значения δ для воздуховодов при прокладке их внутри помещений, в знаменателе — при наружной прокладке.

6.4.3. Гидравлический расчет сетей

Целью гидравлического расчета является определение диаметра трубопроводов и гидравлического сопротивления сети. Методика гидравлического расчета трубопроводных сетей аспирационных систем, не отличаясь принципиально от методики расчета других разветвленных всасывающих и всасывающе-нагнетательных систем, например вытяжных систем вентиляции, имеет свою специфику, обусловленную функциональными задачами систем аспирации.

Приводимое ниже описание технологии расчета трубопроводных сетей требует предварительного определения ряда специальных терминов: расчетный участок или участок — отрезок трубопроводной сети, характеризующийся постоянной величиной расхода воздуха и материала в любом его сечении; начальный участок — участок, к которому

подключен отсос станка; сборный участок — участок, на котором величина расхода воздуха (и материала) является суммой расходов воздуха (и материала) двух или более других участков, узел — условная расчетная точка тройника или коллектора, характеризующаяся определенной величиной статического давления, равной потерям давления на каждой входящей в узел ветви; ветвь — ряд последовательно расположенных расчетных участков от присоединительного патрубка какого-либо отсоса до любого узла

Исходными данными для гидравлического расчета сетей служат конструктивные и технологические характеристики аспирационных систем:

геометрические характеристики узлов — коллекторов и тройников (табл. 3.8, 6.12);

геометрическая характеристика расчетных участков: длина прямых отрезков, число, крутизна и углы поворота отводов;

гидравлическая характеристика материала трубопроводов (абсолютная эквивалентная шероховатость);

аспирационные характеристики технологического оборудования (табл. 6.2): минимальный объем воздуха, отсасываемого через присоединительные патрубки аспирационных укрытий станков (отсосов) L, м³/ч, максимальное возможное (мгновенное) количество отсасываемого с воздухом материала $G_м$, кг/ч, диаметры присоединительных патрубков отсосов $d_{отс}$, м, коэффициенты гидравлического сопротивления отсосов $\zeta_{отс}$,

расчетный режим работы начальных участков сети (системы с постоянной производительностью рассчитываются из условия одновременной работы всех подключенных к ним отсосов; когда по технологическим условиям все отсосы заведомо не работают одновременно, то на соответствующих начальных участках устанавливаются запорные устройства, с помощью которых отключают от системы не работающее технологическое оборудование, а работающее оборудование с равным объемом отсасываемого воздуха подключают, не изменяя таким образом расчетного гидравлического режима сети).

Особенности расчета сетей аспирационных систем заключаются в следующем

скорость воздуха в трубопроводах должна обеспечивать устойчивое транспортирование частиц материала, вследствие чего для каждого участка имеется минимальное допустимое значение скорости, которое зависит от размеров и объемного веса частиц. Эти значения приведены в табл. 6.2. Минимальная допустимая скорость для сборных участков принимается равной наибольшей из минимальных допустимых скоростей начальных участков всех ветвей данного узла; она может быть меньше расчетных скоростей на участках, входящих в узел;

потери давления на участках определяются с учетом влияния на их величину транспортируемого материала по формуле

$$\Delta p = \Sigma \Delta p_в (1 + K\mu), \qquad (6.11)$$

где $\Sigma\Delta p_в$ — сумма потерь давления на трение и местные сопротивления рассчитываемого участка, определенная из условия движения по трубопроводам чистого воздуха; K — опытный коэффициент, учитывающий

движение материала по трубопроводам; μ — расходная массовая концентрация материаловоздушной смеси.

Коэффициент K зависит от множества различных факторов, но для инженерных расчетов аспирационных систем следует принимать $K=1,4$

Расходная массовая концентрация μ выражается формулой

$$\mu = \frac{G_м}{L\gamma_в}, \tag{6.12}$$

где $\gamma_в$ — объемный вес воздуха, кг/м³.

Объемный вес воздуха принимается, как правило, равным 1,2 кг/м³, т. е. вес 1 м³ воздуха при температуре 20 °С и давлении 760 мм рт. ст. Когда величина расхода материала $G_м$ неизвестна, следует принимать $\mu=0,2$.

Потери давления на трение на прямых отрезках воздуховодов определяются по формуле Дарси-Вейсбаха

$$\Delta p_{тр} = l\frac{\lambda}{d}p_{дин}, \tag{6.13}$$

где λ — коэффициент сопротивления трения; d — диаметр трубы (воздуховода), м; $p_{дин}$ — динамическое давление воздушного потока; l — длина прямых отрезков расчетного участка, м, имеющих диаметр d.

Динамическое давление $P_{дин}$, Па, определяется по формуле:

$$p_{дин} = \rho\frac{v^2}{2}, \tag{6.14}$$

где ρ — плотность воздуха, кг/м³ (численно равна $\gamma_в$); v — средняя скорость воздуха в сечении трубы, м/с.

Коэффициент сопротивления трения λ для инженерных расчетов систем аспирации деревообрабатывающих производств следует принимать по формуле Альтшуля

$$\lambda = 0,11\left(\frac{K_э}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0,25}, \tag{6.15}$$

где $K_э$ — абсолютная эквивалентная шероховатость поверхности; Re — число Рейнольдса.

В табл. 6.10.1—6.10.4 приведены значения удельных потерь давления на трение (потери на 1 м трубопровода), вычисленные по формулам (6.14) и (6.15) для воздуховодов из тонколистовой стали с $K_э=0,1$ мм и воздуха с $\rho=1,2$ кг/м³.

Потери давления в местных сопротивлениях вычисляются по формуле

$$\Delta p_{м.с} = \zeta P_{дин}, \tag{6.16}$$

где ζ — коэффициент местного сопротивления (устанавливается опытным путем).

Динамическое давление $P_{дин}$ принимается по скорости воздуха в том сечении элемента сети, по скорости в котором определен коэффициент

местного сопротивления элемента сети или аспирационного укрытия технологического оборудования.

Приведенные в табл. 6.2 значения коэффициентов местного сопротивления отсосов деревообрабатывающего оборудования относятся к сечению присоединительных патрубков, следовательно, потери давления в отсосах следует определять по скорости воздуха в сечении присоединительных патрубков отсосов $v_{отс}$ по формуле

$$\Delta p_{отс} = \zeta_{отс}\rho \frac{v^2_{отс}}{2}. \quad (6.17)$$

Значения коэффициентов местного сопротивления входа в коллекторы $\zeta_{вх}$ и выхода из коллекторов $\zeta_{вых}$, приведенные в табл 3.8, относятся к сечению входных и выходных патрубков коллекторов, следовательно, потери давления на вход в коллектор и на выход из коллектора определяются соответственно по формулам.

$$\Delta P_{вх} = \zeta_{вх}\rho \frac{v^2_{вх}}{2}; \quad (6.18)$$

$$\Delta P_{вых} = \zeta_{вых}\rho \frac{v^2_{вых}}{2}. \quad (6.19)$$

Следует помнить, что диаметры присоединительных патрубков отсосов $d_{отс}$ и коллекторов $d_{вх}$ и $d_{вых}$, как правило, не равны диаметрам подключаемых к ним воздуховодов.

Коэффициенты местного сопротивления основных элементов трубопроводных сетей приведены в табл. 6.11, 6.12, 6.13.1, 6.13.2, 6.14. Коэффициент местного сопротивления зонтов $\zeta_{зонт}$, изготовленных по чертежам серии 1-494-32, равен единице. Все приведенные значения коэффициента местного сопротивления соответствуют воздуху плотностью $\rho = 1{,}2$ кг/м³.

Конструкции тройников приведены на рис. 6.4—6.6 (см. стр 157).

Гидравлическая увязка начальных участков путем уменьшения величины расчетного расхода воздуха по сравнению с паспортной величиной объема воздуха, отсасываемого от станков через аспирационные укрытия, не допускается Не рекомендуется увеличивать объем отсасываемого воздуха по соображениям экономии топливно-энергетических ресурсов

Оптимальным является следующий способ увязки сопротивлений участков рассчитываемого узла. Определяют потери давления Δp на всех ветвях узла из условия равенства расчетных расходов воздуха паспортным, или минимальным значениям; расчетное давление узла $H_{уз}$ принимается равным большему из значений Δp ветвей; диаметр участка, входящего в узел на этой ветви, является окончательно определенным Для остальных участков, входящих в узел, диаметры пересчитываются при тех же расходах воздуха таким образом, чтобы сопротивление ветви стало равным давлению узла. Для этого, принимая ближайший меньший диаметр, заново определяют потери давления на ветви и т. д Поскольку ряд нормализованных диаметров в общем случае не обеспечивает точной

6.10.1 К расчету круглых воздуховодов из тонколистовой стали (не нормализованные диаметры)

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м									
		0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095
		99	120	143	167	194	223	253	286	321	357
14,0	117,60	62,69	55,65	49,91	45,16	41,17	37,77	34,84	32,30	30,07	28,10
		100	121	144	168	195	224	255	288	323	360
14,1	119,29	63,54	56,41	50,59	45,78	41,73	38,28	35,31	32,74	30,48	28,49
		100	121	145	170	197	226	257	290	325	362
14,2	120,98	64,40	57,16	51,27	46,39	42,29	38,79	35,79	33,17	30,89	28,87
		101	122	146	171	198	227	259	292	327	365
14,3	122,69	65,26	57,93	51,96	47,01	42,85	39,31	36,27	33,62	31,30	29,26
		102	123	147	172	200	229	261	294	330	367
14,4	124,42	66,13	58,70	52,65	47,64	43,43	39,84	36,75	34,07	31,72	29,65
		102	124	148	173	201	231	262	296	332	370
14,5	126,15	67,00	59,48	53,35	48,27	44,00	40,36	37,23	34,52	32,14	30,04
		103	125	149	174	202	232	264	298	334	373
14,6	127,90	67,89	60,26	54,05	48,90	44,58	40,89	37,72	34,97	32,56	30,43
		104	126	150	176	204	234	266	300	337	375
14,7	129,65	68,77	61,04	54,75	49,54	45,16	41,42	38,21	35,43	32,98	30,83
		105	127	151	177	205	235	268	302	339	378
14,8	131,42	69,66	61,83	55,46	50,18	45,74	41,96	38,71	35,88	33,41	31,23
		105	127	152	178	206	237	270	304	341	380
14,9	133,21	70,56	62,63	56,18	50,83	46,33	42,50	39,21	36,35	33,84	31,63
		106	128	153	179	208	239	271	306	344	383
15,0	135,00	71,46	63,43	56,89	51,48	46,92	43,05	39,71	36,81	34,27	32,03
		107	129	154	180	209	240	273	308	346	385
15,1	136,81	72,37	64,24	57,62	52,13	47,52	43,59	40,22	37,28	34,71	32,44
		107	130	155	182	211	242	275	311	348	388
15,2	138,62	73,28	65,05	58,34	52,79	48,12	44,14	40,72	37,75	35,15	32,85
		108	131	156	183	212	243	277	313	350	390

15,3	140,45	74,19	65,86	59,07	53,45	48,72	44,70	41,23	38,22	35,59	33,26
		109	132	157	184	213	245	279	315	353	393
15,4	142,30	75,12	66,69	59,81	54,12	49,33	45,25	41,75	38,70	36,03	33,68
		110	133	158	185	215	247	280	317	355	396
15,5	144,15	76,05	67,51	60,55	54,79	49,94	45,81	42,26	39,18	36,48	34,09
		110	133	159	186	216	248	282	319	357	398
15,6	146,02	76,99	68,34	61,30	55,46	50,56	46,38	42,78	39,66	36,93	34,51
		111	134	160	188	218	250	284	321	360	401
15,7	147,89	77,93	69,17	62,05	56,14	51,17	46,94	43,30	40,14	37,38	34,93
		112	135	161	189	219	251	286	323	362	403
15,8	149,78	78,87	70,01	62,80	56,82	51,79	47,51	43,83	40,63	37,83	35,36
		112	136	162	190	220	253	288	325	364	406
15,9	151,69	79,83	70,86	63,56	57,51	52,42	48,09	44,36	41,12	38,29	35,79
		113	137	163	191	222	254	290	327	366	408
16,0	153,60	80,79	71,71	64,32	58,20	53,05	48,67	44,89	41,62	38,75	36,22
		114	138	164	192	223	256	291	329	369	411
16,1	155,53	81,75	72,57	65,09	58,89	53,68	49,25	45,43	42,11	39,21	36,65
		115	139	165	194	224	258	293	331	371	413
16,2	157,46	82,72	73,43	65,86	99,59	54,32	49,83	45,97	42,61	39,67	37,08
		115	139	166	195	226	259	295	333	373	416
16,3	159,41	83,69	74,29	66,64	60,29	54,96	50,42	46,51	43,11	40,14	37,52
		116	140	167	196	227	261	297	335	376	418
16,4	161,38	84,68	75,17	67,42	61,00	55,60	51,01	47,06	43,62	40,61	37,96
		117	141	168	197	229	262	299	337	378	421
16,5	163,35	85,66	76,04	68,20	61,71	56,25	51,60	47,60	44,13	41,09	38,40
		117	142	169	198	230	264	300	339	380	424
16,6	165,34	86,65	76,92	68,99	62,43	56,90	52,20	48,15	44,64	41,56	38,85
		118	143	170	199	231	266	302	341	382	426
16,7	167,33	87,65	77,80	69,78	63,14	57,55	52,80	48,71	45,15	42,04	39,29
		119	144	171	201	233	267	304	343	385	429
16,8	169,34	88,65	78,69	70,58	63,86	58,21	53,40	49,26	45,67	42,52	39,74
		119	145	172	202	234	269	306	345	387	431
16,9	171,37	89,66	79,59	71,39	64,59	58,88	54,01	49,83	46,19	43,01	40,19
		120	145	173	203	236	270	308	347	389	434
17,0	173,40	90,67	80,49	72,20	65,32	59,54	54,62	50,39	46,71	43,49	40,65

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м									
		0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095
		121	146	174	204	237	272	309	349	392	436
17,1	175,45	91,70	81,40	73,01	66,06	60,21	55,24	50,96	47,24	43,98	41,11
		122	147	175	205	238	274	311	351	394	439
17,2	177,50	92,72	82,30	73,82	66,79	60,88	55,85	51,52	47,76	44,47	41,56
		122	148	176	207	240	275	313	353	396	441
17,3	179,57	93,75	83,22	74,64	67,54	61,56	56,47	52,10	48,30	44,97	42,03
		123	149	177	208	241	277	315	355	398	444
17,4	181,66	94,79	84,14	75,47	68,29	62,24	57,10	52,68	48,83	45,46	42,49
		124	150	178	209	242	278	317	357	401	447
17,5	183,75	95,83	85,07	76,30	69,04	62,93	57,73	53,25	49,37	45,96	42,96
		124	151	179	210	244	280	318	360	403	449
17,6	185,86	96,88	86,00	77,14	69,79	63,62	58,36	53,84	49,91	46,47	43,43
		125	151	180	211	245	282	320	362	405	452
17,7	187,97	97,93	86,93	77,97	70,55	64,31	58,99	54,42	50,45	46,97	43,90
		126	152	181	213	247	283	322	364	408	454
17,8	190,10	98,99	87,87	78,81	71,31	65,00	59,63	55,01	50,99	47,48	44,38
		127	153	182	214	248	285	324	366	410	457
17,9	192,25	100,06	88,82	79,67	72,08	65,70	60,27	55,60	51,54	47,99	44,85
		127	154	183	215	249	286	326	368	412	459
18,0	194,40	101,12	89,77	80,52	72,85	66,40	60,92	56,20	52,10	48,50	45,33
		128	155	184	216	251	288	328	370	415	462
18,1	196,57	102,20	90,72	81,37	73,63	67,11	61,57	56,80	52,65	49,02	45,82
		129	156	185	217	252	289	329	372	417	464
18,2	198,74	103,28	91,68	82,23	74,40	67,82	62,22	57,39	53,21	49,54	46,30
		129	157	186	219	254	291	331	374	419	467
18,3	200,93	104,37	92,65	83,10	75,19	68,53	62,87	58,00	53,77	50,06	46,79
		130	157	187	220	255	293	333	376	421	470

18,4	203,14	105,46	93,62	83,97	75,98	69,25	63,53	58,61	54,33	50,58	47,28
		131	158	188	221	256	294	335	378	424	472
18,5	205,35	106,56	94,59	84,84	76,77	69,97	64,19	59,22	54,90	51,11	47,77
		131	159	189	222	258	296	337	380	426	475
18,6	207,58	107,67	95,57	85,72	77,56	70,70	64,86	59,83	55,46	51,64	48,27
		132	160	190	223	259	297	338	382	428	477
18,7	209,81	108,77	96,55	86,60	78,36	71,43	65,52	60,45	56,03	52,17	48,76
		133	161	191	225	260	299	340	384	431	480
18,8	212,06	109,89	97,54	87,49	79,16	72,16	66,20	61,07	56,61	52,71	49,26
		134	162	192	226	262	301	342	386	433	482
18,9	214,33	111,01	98,54	88,39	79,97	72,90	66,87	61,69	57,19	53,24	49,77
		134	163	193	227	263	302	344	388	435	485
19,0	216,60	112,14	99,54	89,28	80,78	73,63	67,55	62,32	57,77	53,78	50,27
		135	163	194	228	265	304	346	390	437	487
19,1	218,89	113,27	100,55	90,19	81,60	74,38	68,23	62,95	58,35	54,33	50,78
		136	164	195	229	266	305	347	392	440	490
19,2	221,18	114,40	101,55	91,09	82,42	75,12	68,92	63,57	58,94	54,87	51,29
		136	165	196	231	267	307	349	394	442	492
19,3	223,49	115,55	102,57	92,00	83,24	75,87	69,60	64,21	59,52	55,42	51,80
		137	166	197	232	269	309	351	396	444	495
19,4	225,82	116,70	103,59	92,92	84,07	76,63	70,30	64,85	60,12	55,97	52,31
		138	167	198	233	270	310	353	398	447	498
19,5	228,15	117,85	104,61	93,83	84,90	77,39	70,99	65,49	60,71	56,53	52,83
		139	168	200	234	272	312	355	400	449	500
19,6	230,50	119,01	105,65	94,76	85,74	78,15	71,69	66,14	61,31	57,08	53,35
		139	168	201	235	273	313	356	402	451	503
19,7	232,85	120,17	106,68	95,68	86,57	78,91	72,39	66,78	61,91	57,64	53,87
		140	169	202	237	274	315	358	404	453	505
19,8	235,22	121,35	107,72	96,62	87,42	79,68	73,10	67,43	62,51	58,20	54,40
		141	170	203	238	276	316	360	407	456	508
19,9	237,61	122,53	108,76	97,56	88,27	80,46	73,81	68,09	63,12	58,77	54,93
		141	171	204	239	277	318	362	409	458	510
20,0	240,00	123,71	109,81	98,50	89,12	81,23	74,52	68,74	63,73	59,33	55,46
		142	172	205	240	278	320	364	411	460	513
20,1	242,41	124,90	110,87	99,44	89,97	82,01	75,24	69,41	64,34	59,90	55,99

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м									
		0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095
		143	173	206	241	280	321	366	413	463	515
20,2	244,82	126,09	111,92	100,39	90,83	82,80	75,95	70,07	64,95	60,47	56,52
		143	174	207	242	281	323	367	415	465	518
20,3	247,25	127,28	112,99	101,34	91,70	83,58	76,68	70,73	65,57	61,05	57,06
		144	174	208	244	283	324	369	417	467	521
20,4	249,70	128,49	114,06	102,31	92,57	84,38	77,40	71,41	66,19	61,63	57,60
		145	175	209	245	284	326	371	419	469	523
20,5	252,15	129,70	115,13	103,27	93,44	85,17	78,13	72,08	66,82	62,21	58,14
		146	176	210	246	285	328	373	421	472	526
20,6	254,62	130,92	116,22	104,24	94,31	85,97	78,87	72,75	67,44	62,79	58,69
		146	177	211	247	287	329	375	423	474	528
20,7	257,09	132,14	117,30	105,21	95,19	86,77	79,60	73,43	68,07	63,38	59,24
		147	178	212	248	288	331	376	425	476	531
20,8	259,58	133,36	118,39	106,19	96,07	87,57	80,34	74,11	68,70	63,97	59,79
		148	179	213	250	290	332	378	427	479	533
20,9	262,09	134,60	119,48	107,17	96,97	88,39	81,08	74,80	69,34	64,56	60,34
		148	180	214	251	291	334	380	429	481	536
21,0	264,60	135,84	120,58	108,15	97,86	89,20	81,83	75,49	69,98	65,15	60,89
		149	180	215	252	292	336	382	431	483	538
21,1	267,13	137,08	121,69	109,15	98,75	90,02	82,58	76,18	70,62	65,75	61,45
		150	181	216	253	294	337	384	433	486	541
21,2	269,66	138,33	122,79	110,14	99,65	90,83	83,33	76,87	71,26	66,35	62,01
		151	182	217	254	295	339	385	435	488	544
21,3	272,21	139,58	123,91	111,14	100,55	91,66	84,08	77,57	71,91	66,95	62,57
		151	183	218	256	296	340	387	437	490	546
21,4	274,78	140,85	125,03	112,14	101,47	92,49	84,85	78,27	72,56	67,56	63,14
		152	184	219	257	298	342	389	439	492	549

21,5	277,35	142,11	126,15	113,15	102,38	93,32	85,61	78,97	73,21	68,16	63,71
		153	185	220	258	299	344	391	441	495	551
21,6	279,94	143,39	127,28	114,16	103,29	94,16	86,38	79,68	73,87	68,77	64,28
		153	186	221	259	301	345	393	443	497	554
21,7	282,53	144,66	128,41	115,18	104,21	94,99	87,14	80,39	74,52	69,38	64,85
		154	186	222	260	302	347	394	445	499	556
21,8	285,14	145,94	129,55	116,20	105,14	95,83	87,92	81,10	75,18	70,00	65,42
		155	187	223	262	303	348	396	447	502	559
21,9	287,77	147,23	130,70	117,23	106,07	96,68	88,69	81,82	75,85	70,62	66,00
		156	188	224	263	305	350	398	449	504	561
22,0	290,40	148,53	131,85	118,26	107,00	97,53	89,47	82,54	76,51	71,24	66,58
		156	189	225	264	306	351	400	451	506	564
22,1	293,05	149,83	133,00	119,29	107,94	98,39	90,26	83,26	77,19	71,86	67,17
		157	190	226	265	308	353	402	454	508	566
22,2	295,70	151,13	134,16	120,33	108,87	99,24	91,04	83,98	77,86	72,49	67,75
		158	191	227	266	309	355	404	456	511	569
22,3	298,37	152,44	135,32	121,37	109,82	100,10	91,83	84,71	78,53	73,12	68,34
		158	192	228	268	310	356	405	458	513	572
22,4	301,06	153,76	136,49	122,43	110,77	100,97	92,63	85,45	79,21	73,75	68,93
		159	192	229	269	312	358	407	460	515	574
22,5	303,75	155,08	137,66	123,48	111,72	101,84	93,42	86,18	79,89	74,38	69,52
		160	193	230	270	313	359	409	462	518	577
22,6	306,46	156,41	138,84	124,54	112,68	102,71	94,22	86,92	80,58	75,02	70,12
		160	194	231	271	314	361	411	464	520	579
22,7	309,17	157,74	140,02	125,59	113,64	103,58	95,02	87.66	81,26	75,66	70,71
		161	195	232	272	316	363	413	466	522	582
22,8	311,90	159,08	141,21	126,66	114,60	104,46	95,83	88,40	81,95	76,30	71,31
		162	196	233	274	317	364	414	468	524	584
22,9	314,65	160,43	142,41	127,73	115,57	105,35	96,64	89,15	82,65	76,95	71,92
		163	197	234	275	319	366	416	470	527	587
23,0	317,40	161,78	143,61	128,81	116,54	106,23	97,45	89,90	83,34	77,59	72,52
		163	198	235	276	320	367	418	472	529	589
23,1	320,17	163,13	144,81	129,89	117,52	107,12	98,27	90,66	84,04	78,24	73,13
		164	198	236	277	321	369	420	474	531	592
23,2	322,94	164,49	146,02	130,97	118,50	108,02	99,09	91,41	84,74	78,90	73,74

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м									
		0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095
		165	199	237	278	323	371	422	476	534	595
23,3	325,73	165,86	147,23	132,06	119,48	108,91	99,91	92,17	85,44	79,55	74,35
		165	200	238	280	324	372	423	478	536	597
23,4	328,54	167,24	148,45	133,15	120,48	109,82	100,74	92,94	86,15	80,21	74,97
		166	201	239	281	326	374	425	480	538	600
23,5	331.35	168,61	149,67	134,24	121,47	110,72	101,57	93,70	86,86	80,87	75,59
		167	202	240	282	327	375	427	482	540	602
23,6	334,18	170,00	150,90	135,35	122,47	111,63	102,41	94,47	87,58	81,54	76,21
		168	203	241	283	328	377	429	484	543	605
23,7	337,01	171,38	152,13	136,46	123,46	112,54	103,24	95,24	88,29	82,20	76,83
		168	204	242	284	330	379	431	486	545	607
23,8	339,86	172,78	153,37	137,57	124,47	113,46	104,08	96,01	89,01	82,87	77,45
		169	204	243	286	331	380	432	488	547	610
23,9	342,73	174,18	154,62	138,68	125,48	114,38	104,93	96,80	89,73	83,54	78,08
		170	205	244	287	333	382	434	490	550	612
24,0	345,60	175,59	155,87	139,80	126,49	115,30	105,77	97,58	90,45	84,22	78,71
		170	206	245	288	334	383	436	492	552	615
24,1	348,49	177,00	157,12	140,93	127,51	116,23	106,63	98,36	91,18	84,90	79,35
		171	207	246	289	335	385	438	494	554	618
24,2	351,38	178,41	158,38	142,05	128,53	117,16	107,48	99,15	91,91	85,57	79,98
		172	208	247	290	337	386	440	496	557	620
24,3	354,29	179,84	159,64	143,19	129,55	118,09	108,33	99,94	92,64	86,26	80,62
		172	209	248	291	338	388	442	498	559	623
24,4	357,22	181,27	160,91	144,33	130,59	119,03	109,20	100,73	93,38	86,94	81,26
		173	210	249	293	339	390	443	500	561	625
24,5	360,15	182,70	162,18	145,47	131,62	119,97	110,06	101,53	94,12	87,63	81,90
		174	210	250	294	341	391	445	503	563	628

24,6	363,10	184,14	163,46	146,62	132,66	120,92	110,93	102,33	94,86	88,32	82,55
		175	211	251	295	342	393	447	505	566	630
24,7	366,05	185,58	164,74	147,76	133,69	121,87	111,80	103,13	95,60	89,01	83,20
		175	212	252	296	344	394	449	507	568	633
24,8	369,02	187,04	166,03	148,92	134,74	122,82	112,67	103,94	96,35	89,71	83,85
		176	213	253	297	345	396	451	509	570	635
24,9	372,01	188,50	167,32	150,08	135,79	123,78	113,55	104,75	97,10	90,41	84,50
		177	214	254	299	346	398	452	511	573	638
25,0	375,00	189,96	168,62	151,24	136,84	124,74	114,43	105,56	97,86	91,11	85,16
		177	215	255	300	348	399	454	513	575	640
25,1	378,01	191,43	169,93	152,41	137,90	125,70	115,31	106,38	98,61	91,81	85,81
		178	216	257	301	349	401	456	515	577	643
25,2	381,02	192,89	171,23	153,58	138,96	126,67	116,20	107,19	99,37	92,52	86,47
		179	216	258	302	351	402	458	517	579	646
25,3	384,05	194,37	172,54	154,76	140,03	127,64	117,09	108,02	100,13	93,23	87,14
		180	217	259	303	352	404	460	519	582	648
25,4	387,10	195,86	173,86	155,95	141,10	128,61	117,99	108,84	100,90	93,94	87,80
		180	218	260	305	353	406	461	521	584	651
25,5	390,15	197,35	175,18	157,13	142,17	129,59	118,88	109,67	102,67	94,66	88,47
		181	219	261	306	355	407	463	523	586	653
25,6	393,22	198,85	176,51	158,32	143,25	130,58	119,79	110,50	102,44	95,37	89,14
		182	220	262	307	356	409	465	525	589	656
25,7	396,29	200,34	177,84	159,51	144,33	131,56	120,69	111,33	103,21	96,09	89,81
		182	221	263	308	357	410	467	527	591	658
25,8	399,38	201,85	179,18	160,71	145,41	132,55	121,60	112,17	103,99	96,81	90,49
		183	222	264	309	359	412	469	529	593	661
25,9	402,49	203,37	180,53	161,92	146,51	133,54	122,51	113,01	104,77	97,54	91,17
		184	222	265	311	360	414	470	531	595	663
26,0	405,60	204,88	181,87	163,13	147,60	134,54	123,42	113,86	105,55	98,27	91,85
		184	223	266	312	362	415	472	533	598	666
26,1	408,73	206,41	183,23	164,34	148,70	135,54	124,34	114,70	106,33	99,00	92,53
		185	224	267	313	363	417	474	535	600	669
26,2	411,86	207,93	184,58	165,56	149,80	136,54	125,26	115,55	107,12	99,73	93,21
		186	225	268	314	364	418	476	537	602	671
26,3	415,01	209,47	185,94	166,78	150,90	137,55	126,18	116,40	107,91	100,47	93,90

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка) при внутренних диаметрах, м									
		0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095
		187	226	269	315	366	420	478	539	605	674
26,4	418,18	211,01	187,31	168,01	152,01	138,56	127,11	117,26	108,71	101,21	94,60
		187	227	270	317	367	421	480	541	607	676
26,5	421,35	212,56	188,68	169,24	153,13	139,58	128,05	118,12	109,50	101,95	95,29
		118	228	271	318	369	423	481	543	609	679
26,6	424,54	214,11	190,06	170,48	154,24	140,60	128,98	118,98	110,30	102,69	95,98
		189	228	272	319	370	425	483	545	611	681
26,7	427,73	215,66	191,44	171,71	155,36	141,62	129,92	119,85	111,10	103,44	96,68
		189	229	273	320	371	426	485	547	614	684
26,8	430,94	217,23	192,83	172,96	156,49	142,64	130,86	120,72	111,91	104,19	97,38
		190	230	274	321	373	428	487	550	616	686
26,9	434,17	218,80	194,23	174,21	157,62	143,68	131,81	121,59	112,72	104,94	98,09
		191	231	275	323	374	429	489	552	618	689
27,0	437,40	220,37	195,62	175,46	158,75	144,71	132,75	122,46	113,53	105,70	98,79
		192	232	276	324	375	431	490	554	621	692
27,1	440,65	221,95	197,02	176,72	159,89	145,75	133,70	123,34	114,34	106,46	99,50
		192	233	277	325	377	433	492	556	623	694
27,2	443,90	223,53	198,43	177,98	161,03	146,79	134,66	124,22	115,15	107,21	100,21
		193	233	278	326	378	434	494	558	625	697
27,3	447,17	225,12	199,84	179,24	162,18	147,83	135,62	125,10	115,97	107,98	100,92
		194	234	279	327	380	436	496	500	628	699
27,4	450,46	226,72	201,26	180,52	163,33	148,88	136,58	125,99	116,80	108,74	101,64
		194	235	280	329	381	437	498	562	630	702
27,5	453,75	228,32	202,68	181,79	164,48	149,93	137,54	126,88	117,62	109,51	102,36
		195	236	281	330	382	439	499	564	632	704
27,6	457,06	229,93	204,11	183,07	165,64	150,99	138,51	127,78	118,45	110,28	103,08
		196	237	282	331	384	441	501	566	634	707

27,7	460,37	231,54	205,54	184,36	166,80	152,04	139,48	128,67	119,28	111,06	103,80
		197	238	283	332	385	442	503	568	637	709
27,8	463,70	233,16	206,97	185,64	167,97	153,11	140,46	129,57	120,11	111,83	104,52
		197	239	284	333	387	444	505	570	639	712
27,9	467,05	234,79	208,42	186,94	169,14	154,18	141,44	130,48	120,95	112,61	105,25
		198	239	285	334	388	445	507	572	641	714
28,0	470,40	236,42	209,86	188,24	170,31	155,25	142,42	131,38	121,79	113,39	105,98
		199	240	286	336	389	447	508	574	644	717
28,1	473,77	238,06	211,32	189,54	171,49	156,32	143,40	132,29	122,64	114,18	106,72
		199	241	287	337	391	448	510	576	646	720
28,2	477,14	239,69	212,77	190,84	172,67	157,40	144,39	133,20	123,48	114,96	107,45
		200	242	288	338	392	450	512	578	648	722
28,3	480,53	241,34	214,23	192,15	173.86	158,48	145,38	134,11	124,33	115,75	108,19
		201	243	289	339	393	452	514	580	650	725
28,4	483,94	243,00	215,70	193,47	175,05	159,56	146,38	135,04	125,18	116,55	108,93
		201	244	290	340	395	453	516	582	653	727
28,5	487,35	244,65	217,17	194,79	176,25	160,65	147,38	135,96	126,03	117,34	109,67
		202	245	291	342	396	455	518	584	655	730
28,6	490,78	246,32	218,65	196,12	177,45	161,75	148,38	136,88	126,89	118,14	110,42
		203	245	292	343	389	456	519	586	657	732
28,7	494,21	247,98	220,13	197,44	178,64	162,84	149,38	137,81	127,75	118,94	111,17
		204	246	293	344	399	458	521	588	660	735
28,8	497,66	249,66	221,62	198,78	179,85	163,94	150,39	138,74	128,61	119,74	111,92
		204	247	294	345	400	460	523	590	662	737
28,9	501,13	251,34	223,11	200,12	181,06	165,04	151,41	139,67	129,48	120,55	112,67
		205	248	295	346	402	461	525	592	664	740
29,0	504,60	253,02	224,61	201,46	182,28	166,15	152,42	140,61	130,35	121,36	113,43
		206	249	296	348	403	463	527	594	666	743
29,1	508,09	254,72	226,11	202,81	183,50	167,26	153,44	141,55	131,22	122,17	114,19
		206	250	297	349	405	464	528	596	669	745
29,2	511,58	256,41	227,61	204,15	184,72	168,37	154,46	142,49	132,09	122,98	114,95
		207	251	298	350	406	466	530	599	671	748
29,3	515,09	258,11	229,12	205,51	185,94	169,49	155,49	143,4[illegible]	132,97	123,80	115,71
		208	251	299	351	407	468	432	601	673	750
29,4	518,62	259,82	230,64	206,87	187,18	170,62	156,52	144,39	133,85	124,62	116,48

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м									
		0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095
		209	252	300	352	409	469	534	603	676	753
29,5	522,15	261,54	232,16	208,24	188,41	171,74	157,55	145,34	134,73	125,44	117,24
		209	253	301	354	410	471	536	605	678	755
29,6	525,60	263,27	233,69	209,61	189,65	172,87	158,59	146,30	135,62	126,27	118,02
		210	254	302	355	411	472	537	607	680	758
29,7	529,25	264,98	235,22	210,98	190,89	174,00	159,62	147,25	136,51	127,09	18,79
		211	255	303	356	413	474	539	609	682	760
29,8	532,82	266,71	236,75	212,35	192,14	175,14	160,67	148,21	137,40	127,92	119,56
		211	256	304	357	414	476	541	611	685	763
29,9	536,41	268,45	238,30	213,74	193,39	176,28	161,71	149,18	138,29	128,76	120,34
		212	257	305	358	416	477	543	613	687	766
30,0	540,00	270,19	239,84	215,12	194,64	177,42	162,76	150,15	139,19	129,59	121,12

6.10.2. К расчету круглых воздуховодов из тонколистовой стали (нормализованные диаметры)

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,100	0,110	0,125	0,140	0,160	0,180	0,200	0,225
		396	479	618	776	1013	1283	1583	2004
14,0	117,60	26,36	23,40	19,94	71,31	14,65	12,64	11,08	9,57
		399	482	623	781	1021	1292	1595	2018
14,1	119,29	26,72	23,72	20,21	17,54	14,85	12,81	11,23	9,70
		401	486	627	787	1028	1301	1606	2033
14,2	120,98	27,08	24,03	20,49	17,78	15,05	12,99	11,38	9,83
		404	489	632	792	1035	1310	1617	2047
14,3	122,69	27,44	24,36	20,76	18,02	15,25	13,16	11,54	9,96
		407	493	636	798	1042	1319	1629	20,61
14,4	124,42	27,81	24,68	21,04	18,26	15,45	13,34	11,69	10,09
		410	496	641	804	1050	1328	1640	2075
14,5	126,15	28,17	25,01	21,31	18,50	15,66	13,51	11,84	10,22
		413	499	645	809	1057	1337	1651	2090
14,6	127,90	28,54	25,34	21,59	18,74	15,86	13,69	12,00	10,36
		416	503	649	815	1064	1347	1663	2104
14,7	129,65	28,91	25,67	21,88	18,99	16,07	13,87	12,16	10,49
		418	506	654	820	1071	1356	1674	2118
14,8	131,42	29,29	26,00	22,16	19,23	16,28	14,05	12,31	10,63
		421	510	658	826	1078	1365	1685	2133
14,9	133,21	29,67	26,33	22,44	19,48	16,49	14,23	12,47	10,77
		424	513	663	831	1086	1374	1696	2147
15,0	135,00	30,04	26,67	22,73	19,73	16,70	14,41	12,63	10,90
		427	517	667	837	1093	1383	1708	2161
15,1	136,81	30,43	27,01	23,02	19,98	16,91	14,59	12,79	11,04
		430	520	672	842	1100	1392	1719	2176
15,2	138,62	30,81	27,35	23,31	20,23	17,12	14,78	12,95	11,18
		433	523	676	848	1107	1402	1730	2190
15,3	140,45	31,20	27,69	23,60	20,48	17,32	14,96	13,12	11,32
		435	527	680	853	1115	1411	1742	2204
15,4	142,30	31,59	28,04	23,90	20,74	17,55	15,15	13,28	11,46
		438	530	685	859	1122	1420	1753	2219
15,5	144,15	31,98	28,38	24,19	21,00	17,77	15,34	13,44	11,60
		441	534	689	865	1129	1429	1764	2233
15,6	146,02	32,37	28,73	24,49	21,26	17,99	15,53	13,61	11,75
		444	537	694	870	1136	1438	1776	2247
15,7	147,89	32,76	29,08	24,79	21,51	18,21	15,71	13,78	11,89
		447	541	698	876	1144	1447	1787	2262
15,8	149,78	33,16	29,44	25,09	21,78	18,43	15,91	13,94	12,03
		450	544	702	881	1151	1457	1798	2276
15,9	151,69	33,56	29,79	25,39	22,04	18,65	16,10	14,11	12,18
		452	547	707	887	1158	1466	1810	2290
16,0	153,60	33,97	30,15	25,70	22,30	18,88	16,29	14,28	12,33
		455	551	711	892	1165	1475	1821	2305
16,1	155,53	34,37	30,51	26,01	22,57	19,10	16,49	14,45	12,47
		458	554	716	898	1173	1484	1832	2319
16,2	157,46	34,78	30,87	26,31	22,84	19,33	16,68	14,62	12,62
		461	558	720	903	1180	1493	1843	2333
16,3	159,41	35,19	31,24	26,62	23,11	19,55	16,88	14,79	12,77
		464	561	725	909	1187	1502	1855	2347

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,100	0,110	0,125	0,140	0,160	0,180	0,200	0,225
16,4	161,38	35,60	31,60	26,94	23,38	19,78	17,08	14,97	12,92
		467	564	729	914	1194	1512	1866	2362
16,5	163,35	36,02	31,97	27,25	23,65	20,01	17,27	15,14	13,07
		469	568	733	920	1202	1521	1877	2376
16,6	165,34	36,43	32,34	27,57	23,92	20,25	17,47	15,32	13,22
		472	571	738	925	1209	1530	1889	2390
16,7	167,33	36,85	32,71	27,88	24,20	20,48	17,68	15,49	13,37
		475	575	742	931	1216	1539	1900	2405
16,8	169,34	37,27	33,09	28,20	24,48	20,71	17,88	15,67	13,53
		478	578	747	937	1223	1548	1911	2419
16,9	171,37	37,70	33,46	28,52	24,76	20,95	18,08	15,85	13,68
		481	582	751	942	1230	1557	1923	2433
17,0	173,40	38,12	33,84	28,84	25,03	21,19	18,29	16,03	13,83
		483	585	755	948	1238	1566	1934	2448
17,1	175,45	38,55	34,22	29,17	25,32	21,42	18,49	16,21	13,99
		486	588	760	953	1245	1576	1945	2462
17,2	177,50	38,98	34,60	29,49	25,60	21,66	18,70	16,39	14,15
		489	592	764	959	1252	1585	1957	2476
17,3	179,57	39,42	34,99	29,82	25,88	21,90	18,91	16,57	14,30
		492	595	769	964	1259	1594	1968	2491
17,4	181,66	39,85	35,38	30,15	26,17	22,15	19,12	16,76	14,46
		495	599	773	970	1267	1603	1979	2505
17,5	183,75	40,29	35,77	30,48	26,46	22,39	19,33	16,94	14,62
		498	602	778	975	1274	1612	1990	2519
17,6	185,86	40,73	36,16	30,82	26,75	22,64	19,54	17,13	14,78
		500	606	782	981	1281	1621	2002	2534
17,7	187,97	41,17	36,55	31,15	27,04	22,88	19,75	17,31	14,94
		503	609	786	986	1288	1631	2013	2548
17,8	190,10	41,62	36,94	31,49	27,33	23,13	19,96	17,50	15,10
		506	612	791	992	1296	1640	2024	2562
17,9	182,25	42,07	37,34	31,83	27,62	23,38	20,18	17,69	15,27
		509	616	795	998	1303	1649	2036	2576
18,0	194,40	42,52	37,74	32,17	27,92	23,63	20,39	17,88	15,43
		512	619	800	1003	1310	1658	2047	2591
18,1	196,57	42,97	38,14	32,51	28,22	23,88	20,61	18,07	15,59
		515	623	804	1009	1317	1667	2058	2605
18,2	198,74	43,42	38,55	32,85	28,51	24,13	20,83	18,26	15,76
		517	626	808	1014	1325	1676	2070	2619
18,3	200,93	43,88	38,95	33,20	28,81	24,39	21,05	18,45	15,92
		520	629	813	1020	1332	1686	2081	2634
18,4	203,14	44,34	39,36	33,55	29,12	24,64	21,27	18,64	16,09
		523	633	817	1025	1339	1695	2092	2648
18,5	205,35	44,80	39,77	33,90	29,42	24,90	21,49	18,84	16,26
		526	636	822	1031	1346	1704	2104	2662
18,6	207,58	45,27	40,18	34,25	29,73	25,16	21,71	19,03	16,43
		529	640	826	1036	1354	1713	2115	2677
18,7	209,81	45,73	40,60	34,60	30,03	25,41	21,93	19,23	16,60
		532	643	831	1042	1361	1722	2126	2691
18,8	212,06	46,20	41,01	34,96	30,34	25,67	22,16	19,43	16,77
		534	647	835	1047	1368	1731	2138	2705

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока P, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,100	0,110	0,125	0,140	0,160	0,180	0,200	0,225
18,9	214,33	46,67	41,43	35,31	30,65	25,94	22,39	19,62	16,94
		537	650	839	1053	1375	1741	2149	2720
19,0	216,60	47,15	41,85	35,67	30,96	26,20	22,61	19,82	17,11
		540	653	844	1058	1382	1750	2160	2734
19,1	218,89	47,62	42,28	36,03	31,27	26,47	22,84	20,02	17,28
		543	657	848	1064	1390	1759	3171	2748
19,2	221,18	48,10	42,70	36,39	31,59	26,73	23,07	20,22	17,46
		546	660	853	1070	1397	1768	2183	2763
19,3	223,49	48,58	43,12	36,76	31,90	27,00	23,30	20,43	17,63
		549	664	857	1075	1404	1777	2194	2777
19,4	225,82	49,07	43,55	37,12	32,22	27,27	23,53	20,63	17,81
		551	667	861	1081	1411	1786	2205	2791
19,5	228,15	49,55	43,98	37,49	32,54	27,54	23,77	20,83	17,98
		554	671	866	1086	1419	1796	2217	2805
19,6	230,50	50,04	44,42	37,86	32,86	27,81	24,00	21,04	18,16
		557	674	870	1092	1426	1805	2228	2820
19,7	232,85	50,53	44,85	38,23	33,18	28,08	24,23	21,24	18,34
		560	677	875	1097	1433	1814	2239	2834
19,8	235,22	51,02	45,29	38,60	33,50	28,35	24,47	21,45	18,51
		563	681	879	1103	1440	1823	2251	2848
19,9	237,61	51,52	45,73	38,98	33,83	28,63	24,71	21,66	18,69
		565	684	884	1108	1448	1832	2262	2863
20,0	240,00	52,01	46,17	39,35	34,15	28,90	24,95	21,87	18,87
		568	688	888	1114	1455	1841	2273	2877
20,1	242,41	52,51	46,61	39,73	34,48	29,18	25,19	22,08	19,06
		571	691	892	1119	1462	1850	2285	2891
20,2	244,82	53,01	47,06	40,11	34,81	29,46	25,43	22,29	19,24
		574	694	897	1125	1469	1860	2296	2906
20,3	247,25	53,52	47,51	40,49	35,14	29,74	25,67	22,50	19,42
		577	698	901	1131	1477	1869	2307	2920
20,4	249,70	54,02	47,96	40,87	35,48	30,02	25,91	22,71	19,60
		580	701	906	1136	1484	1878	2318	2934
20,5	252,15	54,53	48,41	41,26	35,81	30,30	26,16	22,93	19,79
		582	705	910	1142	1491	1887	2330	2949
20,6	254,62	55,04	48,86	41,65	36,15	30,59	26,40	23,14	19,98
		585	708	914	1147	1498	1896	2341	2963
20,7	257,09	55,56	49,32	42,03	36,48	30,87	26,65	23,36	20,16
		588	712	919	1153	1506	1905	2352	2977
20,8	259,58	56,07	49,77	42,42	36,82	31,16	26,89	23,58	20,35
		591	715	923	1158	1513	1915	2364	2992
20,9	262,09	56,59	50,24	42,82	37,16	31,45	27,14	23,79	20,54
		594	718	928	1164	1520	1924	2375	3006
21,0	264,60	57,11	50,70	43,21	37,50	31,74	27,39	24,01	20,73
		597	722	932	1169	1527	1933	2386	3020
21,1	267,13	57,64	51,16	43,61	37,85	32,03	27,64	24,23	20,92
		599	725	937	1175	1534	1942	2398	3035
21,2	269,66	58,16	51,63	44,00	38,19	32,32	27,90	24,45	21,11
		602	729	941	1180	1542	1951	2409	3049
21,3	272,21	58,69	52,10	44,40	38,54	32,61	28,15	24,68	21,30
		605	732	945	1186	1549	1960	2420	3063

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,100	0,110	0,125	0,140	0,160	0,180	0,200	0,225
21,4	274,78	59,22	52,57	44,80	38,89	32,91	28,40	24,90	21,49
		608	736	950	1191	1556	1970	2432	3077
21,5	277,35	59,75	53,04	45,21	39,24	33,20	28,66	25,12	21,68
		611	739	954	1197	1563	1979	2443	3092
21,6	279,94	60,29	53,52	45,61	39,59	33,50	28,92	25,35	21,88
		614	742	959	1203	1571	1988	2454	3106
21,7	282,53	60,82	53,99	46,02	39,94	33,80	29,17	25,57	22,07
		616	746	963	1208	1578	1997	2465	3120
21,8	285,14	61,36	54,47	46,43	40,29	34,10	29,43	25,80	22,27
		619	749	968	1214	1585	2006	2477	3135
21,9	287,77	61,90	54,95	46,84	40,65	34,40	29,69	26,03	22,46
		622	753	972	1219	1592	2015	2488	3149
22,0	290,40	62,45	55,43	47,25	41,01	34,70	29,95	26,26	22,66
		625	756	976	1225	1600	2025	2499	3163
22,1	293,05	63,00	55,92	47,66	41,37	35,01	30,21	26,49	22,86
		628	759	981	1230	1607	2034	2511	3178
22,2	295,70	63,54	56,41	48,08	41,73	35,31	30,48	26,72	23,06
		631	763	985	1236	1614	2043	2522	3192
22,3	298,37	64,09	56,90	48,49	42,09	35,62	30,74	26,95	23,26
		633	766	990	1241	1621	2052	2533	3206
22,4	301,06	64,65	57,39	48,91	42,45	35,93	31,01	27,18	23,46
		636	770	994	1247	1629	2061	2545	3221
22,5	303,75	65,20	57,88	49,33	42,82	36,23	31,27	27,41	23,66
		639	773	998	1252	1636	2070	2556	3235
22,6	306,46	65,76	58,38	49,76	43,18	36,55	31,54	27,65	23,86
		642	777	1003	1258	1643	2079	2567	3249
22,7	309,17	66,32	58,87	50,18	43,55	36,86	31,81	27,88	24,07
		645	780	1007	1264	1650	2089	2579	3264
22,8	311,90	66,89	59,37	50,60	43,92	37,17	32,08	28,12	24,27
		647	783	1012	1269	1658	2098	2590	3278
22,9	314,65	67,45	59,88	51,03	44,29	37,48	32,35	28,36	24,48
		650	787	1016	1275	1665	2107	2601	3292
23,0	317,40	68,02	60,38	51,46	44,67	37,80	32,62	28,60	24,68
		653	790	1021	1280	1672	2116	2613	3306
23,1	320,17	68,59	60,89	51,89	45,04	38,12	32,90	28,84	24,89
		656	794	1025	1286	1679	2125	2624	3321
23,2	322,94	69,16	61,39	52,33	45,41	38,43	33,17	29,08	25,10
		659	797	1029	1291	1686	2134	2635	3335
23,3	325,73	69,74	61,90	52,76	45,79	38,75	33,45	29,32	25,31
		662	801	1034	1297	1694	2144	2646	3349
23,4	328,54	70,31	62,42	53,20	46,17	39,07	33,72	29,56	25,52
		664	804	1038	1302	1701	2153	2658	3364
23,5	331,35	70,89	62,93	53,64	46,55	39,40	34,00	29,81	25,73
		667	807	1043	1308	1708	2162	2669	3378
23,6	334,18	71,48	63,45	54,08	46,93	39,72	34,28	30,05	25,94
		670	811	1047	1313	1715	2171	2680	3392
23,7	337,01	72,06	63,96	54,52	47,32	40,04	34,56	30,30	26,15
		673	814	1051	1319	1723	2180	2692	3407
23,8	339,86	72,64	64,49	54,96	47,70	40,37	34,84	30,54	26,36
		676	818	1056	1324	1730	2189	2703	3421

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,100	0,110	0,125	0,140	0,160	0,180	0,200	0,225
23,9	342,73	73,23	65,01	55,41	48,09	40,70	35,13	30,79	26,58
		679	821	1060	1330	1737	2199	2714	3435
24,0	345,60	73,83	65,53	55,86	48,48	41,03	35,41	31,04	26,79
		681	824	1065	1336	1744	2208	2726	3450
24,1	348,49	74,42	66,06	56,31	48,87	41,36	35,69	31,29	27,01
		684	828	1069	1341	1752	2217	2737	3464
24,2	351,38	75,01	66,59	56,75	49,26	41,69	35,98	31,54	27,22
		687	831	1074	1347	1759	2226	2748	3478
24,3	354,29	75,61	67,12	57,21	49,65	42,02	36,27	31,79	27,44
		690	835	1078	1352	1766	2235	2760	3493
24,4	357,22	76,21	67,65	57,66	50,05	42,35	36,55	32,04	27,66
		693	838	1082	1358	1773	2244	2771	3507
24,5	360,15	76,82	68,19	58,12	50,44	42,69	36,84	32,30	27,88
		696	842	1087	1363	1781	2254	2782	3521
24,6	363,10	77,42	68,73	58,58	50,84	43,02	37,13	32,55	28,10
		698	845	1091	1369	1788	2263	2793	3535
24,7	366,05	78,03	69,26	59,04	51,24	43,36	37,43	32,81	28,32
		701	848	1096	1374	1795	2272	2805	3550
24,8	369,02	78,64	69,81	59,50	51,64	43,70	37,42	33,06	28,54
		704	852	1100	1380	1802	2281	2816	3564
24,9	372,01	79,25	70,35	59,96	52,04	44,04	38,01	33,32	28,76
		707	855	1104	1385	1810	2290	2827	3578
25,0	375,00	79,87	70,90	60,43	52,45	44,38	38,31	33,58	28,98
		710	859	1109	1391	1817	2299	2839	3593
25,1	378,01	80,48	71,44	60,89	52,85	44,73	38,60	33,84	29,21
		713	862	1113	1397	1824	2309	2850	3607
25,2	381,02	81,10	71,99	61,36	53,26	45,07	38,90	34,10	29,43
		715	866	1118	1402	1831	2318	2861	3621
25,3	384,05	81,72	72,55	61,83	53,66	45,41	39,20	34,36	29,66
		718	869	1122	1408	1838	2327	2873	3636
25,4	387,10	82,35	73,10	62,31	54,08	45,76	39,50	34,62	29,88
		721	872	1127	1413	1846	2336	2884	3650
25,5	390,15	82,98	73,66	62,78	54,49	46,11	39,80	34,89	30,11
		724	876	1131	1419	1853	2345	2895	3664
25,6	393,22	83,61	74,22	63,26	54,90	46,46	40,10	35,15	30,34
		727	879	1135	1424	1860	2354	2907	3679
25,7	396,29	84,23	74,77	63,73	55,31	46,81	40,40	35,42	30,57
		729	883	1140	1430	1867	2363	2918	3693
25,8	399,38	84,87	75,34	64,21	55,73	47,16	40,71	35,68	30,80
		732	886	1144	1435	1875	2373	2929	3707
25,9	402,49	85,51	75,90	64,69	56,15	47,52	41,01	35,95	31,03
		735	890	1149	1441	1882	2382	2940	3722
26,0	405,60	86,14	76,47	65,18	56,57	47,87	41,32	36,22	31,26
		738	893	1153	1446	1889	2391	2952	3736
26,1	408,73	86,78	77,04	65,66	56,99	48,23	41,62	36,49	31,49
		741	896	1157	1452	1896	2400	2963	3750
26,2	411,86	87,43	77,61	66,15	57,41	48,58	41,93	36,76	31,73
		744	900	1162	1457	1904	2409	2974	3765
26,3	415,01	88,07	78,18	66,63	57,83	48,94	42,24	37,03	31,96
		746	903	1166	1463	1911	2418	2986	3779

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,100	0,110	0,125	0,140	0,160	0,180	0,200	0,225
26,4	418,18	88,72	78,76	67,13	58,26	49,30	42,55	37,30	32,20
		749	907	1171	1469	1918	2428	2997	3793
26,5	421,35	89,37	79,33	67,62	58,69	49,66	42,86	37,58	32,43
		752	910	1175	1474	1925	2437	3008	3807
26,6	424,54	90,02	79,91	68,11	59,11	50,03	43,18	37,85	32,67
		755	913	1180	1480	1933	2446	3020	3822
26,7	427,73	90,68	80,49	68,60	59,54	50,39	43,49	38,12	32,91
		758	917	1184	1485	1940	2455	3031	3836
26,8	430,94	91,33	81,07	69,10	59,97	50,75	43,81	38,40	33,14
		7[illegible]	920	1188	1491	1947	2464	3042	3850
26,9	434,17	91,[illegible]9	81,66	69,60	60,41	51,12	44,12	38,68	33,38
		763	924	1193	1496	1954	2473	3054	3865
27,0	437,40	92,65	82,25	70,10	60,84	51,49	44,44	38,96	33,62
		766	927	1197	1502	1962	2483	3065	3879
27,1	440,65	93,32	82,84	70,61	61,28	51,86	44,76	39,24	33,86
		769	931	1202	1507	1969	2492	3076	3893
27,2	443,90	93,98	83,43	71,11	61,72	52,23	45,08	39,52	34,11
		772	934	1206	1513	1976	2501	3088	3908
27,3	447,17	94,65	84,02	71,61	62,15	52,60	45,40	39,80	34,35
		775	937	1210	1518	1983	2510	3099	3922
27,4	450,46	95,33	84,62	72,12	62,60	52,97	45,72	40,08	34,59
		778	941	1215	1524	1990	2519	3110	3936
27,5	453,75	96,00	85,22	72,63	63,04	53,35	46,04	40,36	34,84
		780	944	1219	1530	1998	2528	3121	3951
27,6	457,06	96,68	85,82	73,14	63,48	53,72	46,37	40,65	35,08
		783	948	1224	1535	2005	2538	3133	3965
27,7	460,37	97,35	86,42	73,66	63,93	54,10	46,69	40,93	35,33
		786	951	1228	1541	2012	2547	3144	3979
27,8	463,70	98,03	87,02	74,17	64,37	54,48	47,02	41,22	35,57
		789	955	1233	1546	2019	2556	3155	3994
27,9	467,05	98,72	87,63	74,69	64,82	54,86	47,35	41,51	35,82
		792	958	1237	1552	2027	2565	3167	4008
28,0	470,40	99,40	88,24	75,21	65,27	55,24	47,68	41,79	36,07
		794	961	1241	1557	2034	2574	3178	4022
28,1	473,77	100,09	88,85	75,73	65,72	55,62	48,01	42,08	36,32
		797	965	1246	1563	2041	2583	3189	4036
28,2	477,14	100,78	89,46	76,25	66,18	56,00	48,34	42,37	36,57
		800	968	1250	1568	2048	2592	3201	4051

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,100	0,110	0,125	0,140	0,160	0,180	0,200	0,225
28,3	480,53	101,47	90,07	76,77	66,63	56,39	48,67	42,66	36,82
28,4	483,94	803 102,17	972 90,69	1255 77,30	1574 67,09	2056 56,78	2602 49,00	3212 42,96	4065 37,08
28,5	487,35	806 102,86	975 91,31	1259 77,83	1579 67,55	2063 57,16	2611 49,34	3223 43,25	4079 37,33
28,6	490,78	809 103,56	978 91,93	1263 78,36	1585 68,01	2070 57,55	2620 49,67	3235 43,54	4094 37,58
28,7	494,21	811 104,26	982 92,55	1268 78,88	1590 68,47	2077 57,94	2629 50,01	3246 43,84	4108 37,84
28,8	497,66	814 104,97	985 93,18	1272 79,42	1596 68,93	2085 58,33	2638 50,35	3257 44,13	4122 38,09
28,9	501,13	817 105,68	989 93,81	1277 79,95	1602 69,39	2092 58,73	2647 50,69	3268 44,43	4137 38,35
29,0	504,60	820 106,38	992 94,43	1281 80,49	1607 69,86	2099 59,12	2657 51,02	3280 44,73	4151 38,61
29,1	508,09	823 107,10	996 95,07	1286 81,03	1613 70,33	2106 59,51	2666 51,37	3291 45,03	4165 38,86
29,2	511,58	826 107,81	999 95,70	1290 81,57	1618 70,79	2114 59,91	2675 51,71	3302 45,33	4180 39,12
29,3	515,09	828 108,52	1002 96,33	1294 82,11	1624 71,26	2121 60,31	2684 52,05	3314 45,63	4194 39,38
29,4	518,62	831 109,24	1006 96,97	1299 82,65	1629 71,74	2128 60,71	2693 52,40	3325 45,93	4208 39,64
29,5	522,15	834 109,96	1009 97,61	1303 83,20	1635 72,21	2135 61,11	2702 52,74	3336 46,23	4223 39,90
29,6	525,70	837 110,69	1013 98,25	1308 83,74	1640 72,68	2142 61,51	2712 53,09	3348 46,54	4237 40,17
29,7	529,25	840 111,41	1016 98,90	1312 84,29	1646 73,16	2150 61,91	2721 53,44	3359 46,84	4251 40,43
29,8	532,82	843 112,14	1020 99,54	1317 84,84	1651 73,64	2157 62,32	2730 53,78	3370 47,15	4265 40,69
29,9	536,41	845 112,87	1023 100,19	1321 85,40	1657 74,12	2164 62,72	2739 54,14	3382 47,46	4280 40,96
30,0	540,00	848 113,60	1026 100,84	1325 85,95	1663 74,60	2171 63,13	2748 54,49	3393 47,76	4294 41,22

6.10.3. К расчету круглых воздуховодов из тонколистов (нормализованные диаметры)

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,250	0,280	0,315	0,355	0,400	0,450	0,500	0,560
		2 474	3 103	3 928	4 989	6 333	8 016	9 896	12 413
14,0	117,60	8,38	7,28	6,28	5,41	4,66	4,02	3,53	3,06
		2 492	3 126	3 956	5 024	6 379	8 073	9 967	12 502
14,1	119,29	8,50	7,38	6,37	5,48	4,72	4,08	3,57	3,10
		2 509	3 148	3 984	5 060	6 424	8 130	10 037	12 591
14,2	120,98	8,61	7,48	6,45	5,56	4,79	4,13	3,62	3,14
		2 527	3 170	4 012	5 095	6 469	8 187	10 108	12 679
14,3	122,69	8,73	7,58	6,54	5,63	4,85	4,19	3,67	3,19
		2 545	3 192	4 040	5 131	6 514	8 245	10 179	12 768
14,4	124,42	8,85	7,68	6,63	5,71	4,92	4,24	3,72	3,23
		2 562	3 214	4 068	5 167	6 560	8 302	10 249	12 857
14,5	126,15	8,96	7,78	6,71	5,78	4,98	4,30	3,77	3,27
		2 580	3 236	4 096	5 202	6 605	8 359	10 320	12 945
14,6	127,90	9,08	7,88	6,80	5,86	5,05	4,35	3,82	3,31
		2 598	3 259	4 124	5 238	6 650	8 416	10 391	13 034
14,7	129,65	9,20	7,98	6,89	5,93	5,11	4,41	3,87	3,36
		2 615	3 281	4 152	5 274	6 695	8 474	10 461	13 123
14,8	131,42	9,32	8,09	6,98	6,01	5,18	4,47	3,92	3,40
		2 633	3 303	4 180	5 309	6 741	8 531	10 532	13 211
14,9	133,21	9,44	8,19	7,07	6,09	5,24	4,53	3,97	3,44
		2 651	3 325	4 208	5 345	6 786	8 588	10 603	13 300
15,0	135,00	9,56	8,29	7,16	6,17	5,31	4,58	4,02	3,49
		2 668	3 347	4 236	5 380	6 831	8 645	10 673	13 389
15,1	136,81	9,68	8,40	7,25	6,24	5,38	4,64	4,07	3,53
		2 686	3 369	4 264	5 416	6 876	8 703	10 744	13 477

15,2	138,62	9,80	8,51	7,34	6,32	5,45	4,70	4,12	3,58
		2 704	3 392	4 292	5 452	6 921	8 760	10 815	13 566
15,3	140,45	9,92	8,61	7,43	6,40	5,51	4,76	4,17	3,62
		2 721	3 414	4 320	5 487	6 967	8 817	10 885	13 655
15,4	142,30	10,05	8,72	7,53	6,48	5,58	4,82	4,22	3,67
		2 739	3 436	4 349	5 523	7 012	8 875	10 956	13 743
15,5	144,15	10,17	8,83	7,62	6,56	5,65	4,88	4,28	3,71
		2 757	3 458	4 377	5 559	7 057	8 932	11 027	13 832
15,6	146,02	10,30	8,94	7,71	6,64	5,72	4,94	4,33	3,76
		2 774	3 480	4 405	5 594	7 102	8 989	11 098	13 921
15,7	147,89	10,42	9,05	7,81	6,72	5,79	5,00	4,38	3,80
		2 792	3 502	4 433	5 630	7 148	9 046	11 168	14 009
15,8	149,78	10,55	9,16	7,90	6,81	5,86	5,06	4,44	3,85
		2 810	3 525	4 461	5 666	7 193	9 104	11 239	14 098
15,9	151,69	10,68	9,27	8,00	6,89	5,93	5,12	4,49	3,90
		2 827	3 547	4 489	5 701	7 238	9 161	11 310	14 187
16,0	153,60	10,80	9,38	8,09	6,97	6,00	5,18	4,54	3,94
		2 845	3 569	4 517	5 737	7 283	9 218	11 380	14 275
16,1	155,53	10,93	9,49	8,19	7,05	6,08	5,24	4,60	3,99
		2 863	3 591	4 545	5 772	7 329	9 275	11 451	14 364
16,2	157,46	11,06	9,60	8,29	7,14	6,15	5,31	4,65	4,04
		2 880	3 613	4 573	5 808	7 374	9 333	11 522	14 453
16,3	159,41	11,19	9,72	8,39	7,22	6,22	5,37	4,71	4,08
		2 898	3 635	4 601	5 844	7 419	9 390	11 592	14 541
16,4	161,38	11,33	9,83	8,48	7,31	6,29	5,43	4,76	4,13
		2 916	3 658	4 629	5 879	7 464	9 447	11 663	14 630
16,5	163,35	11,46	9,94	8,58	7,39	6,37	5,50	4,82	4,18
		2 933	3 680	4 657	5 915	7 510	9 504	11 734	14 719
16,6	165,34	11,59	10,06	8,68	7,48	6,44	5,56	4,87	4,23
		2 951	3 702	4 685	5 951	7 555	9 562	11 804	14 807
16,7	167,33	11,72	10,17	8,78	7,56	6,51	5,62	4,93	4,28
		2 969	3 724	4 713	5 986	7 600	9 619	11 875	14 896
16,8	169,34	11,86	10,29	8,88	7,65	6,59	5,69	4,99	4,33
		2 986	3 746	4 741	6 022	7 645	9 676	11 946	14 985

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,250	0,280	0,315	0,355	0,400	0,450	0,500	0,560
16,9	171,37	11,99	10,41	8,98	7,74	6,66	5,75	5,04	4,38
		3 004	3 768	4 769	6 057	7 691	9 733	12 016	15 073
17,0	173,40	12,13	10,53	9,08	7,82	6,74	5,82	5,10	4,43
		3 022	3 791	4 797	6 093	7 736	9 791	12 087	15 162
17,1	175,45	12,26	10,64	9,19	7,91	6,82	5,88	5,16	4,48
		3 039	3 813	4 825	6 129	7 781	9 848	12 158	15 251
17,2	177,50	12,40	10,76	9,29	8,00	6,89	5,95	5,21	4,53
		3 057	3 835	4 853	6 164	7 826	9 905	12 229	15 339
17,3	179,57	12,54	10,88	9,39	8,09	6,97	6,01	5,27	4,58
		3 075	3 857	4 882	6 200	7 871	9 962	12 299	15 428
17,4	181,66	12,68	11,00	9,50	8,18	7,05	6,08	5,33	4,63
		3 092	3 879	49,10	6 236	7 917	10 020	12 370	15 517
17,5	183,75	12,82	11,12	9,60	8,27	7,12	6,15	5,39	4,68
		3 110	3 901	4 938	6 271	7 962	10 077	12 441	15 605
17,6	185,86	12,96	11,25	9,71	8,36	7,20	6,21	5,45	4,73
		3 128	3 924	4 966	6 307	8 007	10 134	12 511	15 694
17,7	187,97	13,10	11,37	9,81	8,45	7,28	6,28	5,51	4,78
		3 145	3 946	4 994	6 343	8 052	10 191	12 582	15 783
17,8	190,10	13,24	11,49	9,92	8,54	7,36	6,35	5,57	4,83
		3 163	3 968	5 022	6 378	8 098	10 249	12 653	15 871
17,9	192,25	13,38	11,61	10,02	8,63	7,44	6,42	5,63	4,88
		3 181	3 990	5 050	6 414	8 143	10 306	12 723	15 960
18,0	194,40	13,53	11,74	10,13	8,73	7,52	6,49	5,69	4,94
		3 198	4 012	5 078	6 449	8 188	10 363	12 794	16 049
18,1	196,57	13,67	11,86	10,24	8,82	7,60	6,56	5,75	4,99
		3 216	4 034	5 106	6 485	8 233	10 420	12 865	16 137

18,2	198,74	13,81	11,99	10,35	8,91	7,68	6,63	5,81	5,04
		3 234	4 057	5 134	6 521	8 279	10 478	12 935	16 226
18,3	200,93	13,96	12,12	10,46	9,01	7,76	6,70	5,87	5,09
		3 252	4 079	5 162	6 556	8 324	10 535	13 006	16 315
18,4	203,14	14,11	12,24	10,57	9,10	7,84	6,77	5,93	5,15
		3 269	4 101	5 190	6 592	8 369	10 592	13 077	16 403
18,5	205,35	14,25	12,37	10,68	9,19	7,92	6,84	5,99	5,20
		3 287	4 123	5 218	6 628	8 414	10 649	13 147	16 492
18,6	207,58	14,40	12,50	10,79	9,29	8,00	6,91	6,05	5,25
		3 305	4 145	5 246	6 663	8 460	10 707	13 218	16 581
18,7	209,81	14,55	12,63	10,90	9,39	8,08	6,98	6,12	5,31
		3 322	4 167	5 274	6 699	8 505	10 764	13 289	16 669
18,8	212,06	14,70	12,76	11,01	9,48	8,17	7,05	6,18	5,36
		3 340	4 190	5 302	6 735	8 550	10 821	13 359	16 758
18,9	214,33	14,85	12,89	11,12	9,58	8,25	7,12	6,24	5,42
		3 358	4 212	5 330	6 770	8 595	10 878	13 430	16 847
19,0	216,60	15,00	13,02	11,23	9,68	8,33	7,19	6,31	5,47
		3 375	4 234	5 358	6 806	8 641	10 936	13 501	16 935
19,1	218,89	15,15	13,15	11,35	9,77	8,42	7,27	6,37	5,53
		3 393	4 256	5 387	6 841	8 686	10 993	13 572	17 024
19,2	221,18	15,30	13,28	11,46	9,87	8,50	7,34	6,43	5,58
		3 411	4 278	5 415	6 877	8 731	11 050	13 642	17 113
19,3	223,49	15,45	13,41	11,58	9,97	8,59	7,41	6,50	5,64
		3 428	4 300	5 443	6 913	8 776	11 107	13 713	17 201
19,4	225,82	15,61	13,55	11,69	10,07	8,67	7,49	6,56	5,70
		3 446	4 323	5 471	6 948	8 821	11 165	13 784	17 290
19,5	228,15	15,76	13,68	11,81	10,17	8,76	7,56	6,63	5,75
		3 464	4 345	5 499	6 984	8 867	11 222	13 854	17 379
19,6	230,50	15,92	13,82	11,92	10,27	8,85	7,63	6,69	5,81
		3 481	4 367	5 527	7 020	8 912	11 279	13 925	17 467
19,7	232,85	16,07	13,95	12,04	10,37	9,83	7,71	6,76	5,87
		3 499	4 389	5 555	7 055	8 957	11 336	13 996	17 556
19,8	235,22	16,23	14,09	12,16	10,47	9,02	7,78	6,82	5,92
		3 517	4 411	5 583	7 091	9 002	11 394	14 066	17 645

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,250	0,280	0,315	0,355	0,400	0,450	0,500	0,560
19,9	237,61	16,39	14,22	12,28	10,57	9,11	7,86	6,89	5,98
		3 534	4 433	5 611	7 126	9,048	11 451	14 137	17 733
20,0	240,00	16,55	14,36	12,39	10,67	9,19	7,94	6,96	6,04
		3 552	4 456	5 639	7 162	9 093	11 508	14 208	17 822
20,1	242,41	16,70	14,50	12,51	10,78	9,28	8,01	7,02	6,10
		3 570	4 478	5 667	7 198	9 138	11 565	14 278	17 911
20,2	244,82	16,86	14,64	12,63	10,88	9,37	8,09	7,09	6,15
		3 587	4 500	5 695	7 233	9 183	11 623	14 349	17 999
20,3	247,25	17,02	14,78	12,75	10,98	9,46	8,17	7,16	6,21
		3 605	4 522	5 723	7 269	9 229	11 680	14 420	18 088
20,4	249,70	17,19	14,92	12,87	11,09	9,55	8,24	7,23	6,27
		3 623	4 544	5 751	7 305	9 274	11 737	14 490	18 177
20,5	252,15	17,35	15,06	12,99	11,19	9,64	8,32	7,29	6,33
		3 640	4 566	5 779	7 340	9 319	11 794	14 561	18 265
20,6	254,62	17,51	15,20	13,12	11,30	9,73	8,40	7,36	6,39
		3 658	4 589	5 807	7 376	9 364	11 852	14 632	18 354
20,7	257,09	17,67	15,34	13,24	11,40	9,82	8,48	7,43	6,45
		3 676	4 611	5 835	7 412	9 410	11 909	14 702	18 443
20,8	259,58	17,84	15,48	13,36	11,51	9,91	8,56	7,50	6,51
		3 693	4 633	5 863	7 447	9 455	11 966	14 773	18 531
20,9	262,09	18,00	15,62	13,49	11,61	10,00	8,63	7,57	6,57
		3 711	4 655	5 892	7 483	9 500	12 024	14 844	18 620
21,0	264,60	18,17	15,77	13,61	11,72	10,10	8,71	7,64	6,63
		3 729	4 677	5 920	7 518	9 545	12 081	14 915	18 709
21,1	267,13	18,33	15,91	13,73	11,83	10,10	8,79	7,71	6,69
		3 746	4 699	5 948	7 554	9 591	12 138	14 985	18 797

21,2	269,66	18,50	16,06	13,86	11,94	10,28	8,87	7,78	6,75
		3 764	4 722	5 976	7 590	9 636	12 195	15 056	18 886
21,3	272,21	18,67	16,20	13,98	12,04	10,37	8,95	7,85	6,81
		3 782	4 744	6 004	7 625	9 681	12 253	15 127	18 975
21,4	274,78	18,84	16,35	14,11	12,15	10,47	9,04	7,92	6,87
		3 799	4 766	6 032	7 661	9 726	12 310	15 197	19 063
21,5	277,35	19,01	16,50	14,24	12,26	10,56	9,12	7,99	6,94
		3 817	4 788	6 060	7 697	9 771	12 367	15 268	19 152
21,6	279,94	19,18	16,64	14,37	12,37	10,66	9,20	8,06	7,00
		3 835	4 810	6 088	7 732	9 817	12 424	15 339	19 241
21,7	282,53	19,35	16,79	14,49	12,48	10,75	9,28	8,13	7,06
		3 852	4 832	6 116	7 768	9 862	12 482	15 409	19 329
21,8	285,14	19,52	16,94	14,62	12,59	10,85	9,36	8,21	7,12
		3 870	4 855	6 144	7 803	9 907	12 539	15 480	19 418
21,9	287,77	19,69	17,09	14,75	12,70	10,94	9,45	8,28	7,19
		3 888	4 877	6 172	7 839	9 952	12 596	15 551	19 507
22,0	290,40	19,87	17,24	14,88	12,82	11,04	9,53	8,35	7,25
		3 905	4 899	6 200	7 875	9 998	12 653	15 621	19 595
22,1	293,05	20,04	17,39	15,01	12,93	11,14	9,61	8,43	7,31
		3 923	4 921	6 228	7 910	10 043	12 711	15 692	19 684
22,2	295,70	20,21	17,54	15,14	13,04	11,23	9,70	8,50	7,38
		3 941	4 943	6 256	7 946	10 088	12 768	15 763	19 773
22,3	298,37	20,39	17,70	15,27	13,15	11,33	9,78	8,57	7,44
		3 958	4 965	6 284	7 982	10 133	12 825	15 833	19 861
22,4	301,06	20,57	17,85	15,41	13,27	11,43	9,86	8,65	7,50
		3 976	4 988	6 312	8 017	10 179	12 882	15 904	19 950
22,5	303,75	20,74	18,00	15,54	13,38	11,53	9,95	8,72	7,57
		3 994	5 010	6 340	8 053	10 224	12 940	15 975	20 039
22,6	306,46	20,92	18,16	15,67	13,50	11,63	10,03	8,80	7,63
		4 011	5 032	6 368	8 089	10 269	12 997	16 045	20 127
22,7	309,17	21,10	18,31	15,80	13,61	11,72	10,12	8,87	7,70
		4 029	5 054	6 397	8 124	10 314	13 054	16 116	20 216
22,8	311,90	21,28	18,47	15,94	13,73	11,82	10,21	8,95	7,76
		4 047	5 076	6 425	8 160	10 360	13 111	16 187	20 305

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,250	0,280	0,315	0,355	0,400	0,450	0,500	0,560
22,9	314,65	21,46	18,62	16,07	13,84	11,92	10,29	9,02	7,83
		4 064	5 098	6 453	8 195	10 405	13 169	16 258	20 393
23,0	317,40	21,64	18,78	16,21	13,96	12,02	10,38	9,10	7,90
		4 082	5 121	6 481	8 231	10 450	13 226	16 328	20 482
23,1	320,17	21,82	18,94	16,34	14,08	12,13	10,47	9,17	7,96
		4 100	5 143	6 509	8 267	10 495	13 283	16 399	20 571
23,2	322,94	22,00	19,09	16,48	14,19	12,23	10,55	9,25	8,03
		4 117	5 165	6 537	8 302	10 541	13 340	16 470	20 659
23,3	325,73	22,18	19,25	16,62	14,31	12,33	10,64	9,33	8,10
		4 135	5 187	6 565	8 338	10 586	13 398	16 540	20 748
23,4	328,54	22,37	19,41	16,76	14,43	12,43	10,73	9,40	8,16
		4 153	5 209	6 593	8 374	10 631	13 455	16 611	20 837
23,5	331,35	22,55	19,57	16,89	14,55	12,53	10,82	9,48	8,23
		4 170	5 231	6 621	8 409	10 676	13 512	16 682	20 925
23,6	334,18	22,74	19,73	17,03	14,67	12,64	10,91	9,56	8,30
		4 188	5 254	6 649	8 445	10 722	13 569	16 752	21 014
23,7	337,01	22,92	19,89	17,17	14,79	12,74	10,99	9,64	8,36
		4 206	5 276	6 677	8 480	10 767	13 627	16 823	21 103
23,8	339,86	23,11	20,06	17,31	14,91	12,84	11,08	9,72	8,43
		4 223	5 298	6 705	8 516	10 812	13 684	16 894	21 191
23,9	342,73	23,30	20,22	17,45	15,03	12,95	11,17	9,80	8,50
		4 241	5 320	6 733	8 552	10 857	13 741	16 964	21 280
24,0	345,60	23,48	20,38	17,59	15,15	13,05	11,26	9,87	8,57
		4 259	5 342	6 761	8 587	10 902	13 798	17 035	21 369
24,1	348,49	23,67	20,55	17,73	15,27	13,16	11,35	9,95	8,64
		4 276	5 364	6 789	8 623	10 948	13 856	17 106	21 457

24,2	351,38	23,86	20,71	17,88	15,39	13,26	11,45	10,03	8,71
		4 294	5 387	6 817	8 659	10 993	13 913	17 176	21 546
24,3	354,29	24,05	20,88	18,02	15,52	13,37	11,54	10,11	8,78
		4 312	5 409	6 845	8 694	11 038	13 970	17 247	21 635
24,4	357,22	24,24	21,04	18,16	15,64	13,47	11,63	10,19	8,85
		4 329	5 431	6 873	8 730	11 083	14 027	17 318	21 723
24,5	360,15	24,44	21,21	18,30	15,76	13,58	11,72	10,27	8,92
		4 347	5 453	6 901	8 766	11 129	14 085	17 389	21 812
24,6	363,10	24,63	21,38	18,45	15,89	13,69	11,81	10,36	8,99
		4 365	5 475	6 930	8 801	11 174	14 142	17 459	21 901
24,7	366,05	24,82	21,54	18,59	16,01	13,79	11,91	10,44	9,06
		4 382	5 497	6 958	8 837	11 219	14 199	17 530	21 989
24,8	369,02	25,02	21,71	18,74	16,14	13,90	12,00	10,52	9,13
		4 400	5 520	6 986	8 872	11 264	14 256	17 601	22 078
24,9	372,01	25,21	21,88	18,89	16,26	14,01	12,09	10,60	9,20
		4 418	5 542	7 014	8 908	11 310	14 314	17 671	22 167
25,0	375,00	25,41	22,05	19,03	16,39	14,12	12,19	10,68	9,27
		4 435	5 564	7 042	8 944	11 355	14 371	17 742	22 255
25,1	378,01	25,60	22,22	19,18	16,52	14,23	12,28	10,76	9,34
		4 453	5 586	7 070	8 979	11 400	14 428	17 813	22 344
25,2	381,02	25,80	22,39	19,33	16,64	14,34	12,37	10,85	9,41
		4 471	5 608	7 098	9 015	11 445	14 485	17 883	22 433
25,3	384,05	26,00	22,56	19,47	16,77	14,45	12,47	10,93	9,49
		4 488	5 630	7 126	9 051	11 491	14 543	17 954	22 521
25,4	387,10	26,20	22,74	19,62	16,90	14,56	12,56	11,01	9,56
		4 506	5 653	7 154	9 086	11 536	14 600	18 025	22 610
25,5	390,15	26,40	22,91	19,77	17,03	14,67	12,66	11,10	9,63
		4 524	5 675	7 182	9 122	11 581	14 657	18 095	22 699
25,6	393,22	26,60	23,08	19,92	17,16	14,78	12,76	11,18	9,71
		4 542	5 697	7 210	9 158	11 626	14 714	18 166	22 787
25,7	396,29	26,80	23,26	20,07	17,29	14,89	12,85	11,27	9,78
		4 559	5 719	7 238	9 193	11 672	14 772	18 237	22 876
25,8	399,38	27,00	23,43	20,22	17,42	15,00	12,95	11,35	9,85
		4 577	5 741	7 266	9 229	11 717	14 829	18 307	22 965

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,250	0,280	0,315	0,355	0,400	0,450	0,500	0,560
25,9	402,49	27,20	23,61	20,38	17,55	15,12	13,05	11,44	9,93
		4 595	5 763	7 294	9 264	11 762	14 886	18 378	23 053
26,0	405,60	27,40	23,78	20,53	17,68	15,23	13,14	11,52	10,00
		4 612	5 786	7 322	9 300	11 807	14 944	18 449	23 142
26,1	408,73	27,61	23,96	20,68	17,81	15,34	13,24	11,61	10,07
		4 630	5 808	7 350	9 336	11 852	15 001	18 519	23 231
26,2	411,86	27,81	24,14	20,83	17,94	15,45	13,34	11,69	10,15
		4 648	5 830	7 378	9 371	11 898	15 058	18 590	23 319
26,3	415,01	28,02	24,32	20,99	18,07	15,57	13,44	11,78	10,22
		4 665	5 852	7 406	9 407	11 943	15 115	18 661	23 408
26,4	418,18	28,22	24,49	21,14	18,21	15,68	13,54	11,87	10,30
		4 683	5 874	7 435	9 443	11 988	15 173	18 732	23 497
26,5	421,35	28,43	24,67	21,30	18,34	15,80	13,64	11,95	10,37
		4 701	5 896	7 463	9 478	12 033	15 230	18 802	23 585
26,6	424,54	28,64	24,85	21,45	18,47	15,91	13,74	12,04	10,45
		4 718	5 919	7 491	9 514	12 079	15 287	18 873	23 674
26,7	427,73	28,84	25,03	21,61	18,61	16,03	13,83	12,13	10,53
		4 736	5 941	7 519	9 549	12 124	15 344	18 944	23 763
26,8	430,94	29,05	25,22	21,76	18,74	16,15	13,94	12,22	10,60
		4 754	5 963	7 547	9 585	12 169	15 402	19 014	23 851
26,9	434,17	29,26	25,40	21,92	18,88	16,26	14,04	12,30	10,68
		4 771	5 985	7 575	9 621	12 214	15 469	19 085	23 940
27,0	437,40	29,47	25,58	22,08	19,01	16,38	14,14	12,39	10,76
		4 789	6 007	7 603	9 656	12 260	15 516	19 156	24 029
27,1	440,65	29,69	25,76	22,24	19,15	16,50	14,24	12,48	10,83
		4 807	6 029	7 631	9 692	12 305	15 573	19 226	24 117

27,2	443,90	29,90	25,95	22,40	19,29	16,61	14,34	12,57	10,91
		4 824	6 052	7 659	9 728	12 350	15 631	19 297	24 206
27,3	447,17	30,11	26,13	22,56	19,42	16,73	14,44	12,66	10,99
		4 842	6 074	7 687	9 763	12 395	15 688	19 368	24 295
27,4	450,46	30,32	26,32	22,72	19,56	16,85	14,54	12,75	11,07
		4 860	6 096	7 715	9 799	12 441	15 745	19 438	24 383
27,5	453,75	30,54	26,50	22,88	19,70	16,97	14,65	12,84	11,14
		4 877	6 118	7 743	9 835	12 486	15 802	19 509	24 472
27,6	457,06	30,75	26,69	23,04	19,84	17,09	14,75	12,93	11,22
		4 895	6 140	7 771	9 870	12 531	15 860	19 580	24 561
27,7	460,37	30,97	26,88	23,20	19,98	17,21	14,85	13,02	11,30
		4 913	6 162	7 799	9 906	12 576	15 917	19 650	24 649
27,8	463,70	31,18	27,07	23,36	20,12	17,33	14,96	13,11	11,38
		4 930	6 185	7 827	9 941	12 622	15 974	19 721	24 738
27,9	467,05	31,40	27,25	23,52	20,26	17,45	15,06	13,20	11,46
		4 948	6 207	7 855	9 977	12 667	16 031	19 792	24 827
28,0	470,40	31,62	27,44	23,69	20,40	17,57	15,17	13,29	11,54
		4 966	6 229	7 883	10 013	12 712	16 089	19 862	24 916
28,1	473,77	31,84	27,63	23,85	20,54	17,69	15,27	13,39	11,62
		4 983	6 251	7 911	10 048	12 757	16 146	19 933	25 004
28,2	477,14	32,06	27,82	24,01	20,68	17,82	15,38	13,48	11,70
		5 001	6 273	7 940	10 084	12 802	16 203	20 004	25 093
28,3	480,53	32,28	28,02	24,18	20,82	17,94	15,48	13,57	11,78
		5 019	6 295	7 968	10 120	12 848	16 260	20 075	25 182
28,4	483,94	32,50	28,21	24,35	20,97	18,06	15,59	13,66	11,86
		5 036	6 318	7 996	10 155	12 893	16 318	20 145	25 270
28,5	487,35	32,72	28,40	24,51	21,11	18,18	15,69	13,76	11,94
		5 054	6 340	8 024	10 191	12 938	16 375	20 216	25 359
28,6	490,78	32,94	28,59	24,68	21,25	18,31	15,80	13,85	12,02
		5 072	6 362	8 052	10 226	12 983	16 432	20 287	25 448
28,7	494,21	33,17	28,79	24,85	21,40	18,43	15,91	13,95	12,10
		5 089	6 384	8 080	10 262	13 029	16 489	20 357	25 536
28,8	497,66	33,39	28,98	25,01	21,54	18,56	16,02	14,04	12,18
		5 107	6 406	8 108	10 298	13 074	16 547	20 428	25 625

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,250	0,280	0,315	0,355	0,400	0,450	0,500	0,560
28,9	501,13	33,62	29,18	25,18	21,69	18,68	16,12	14,13	12,27
		5 125	6 428	8 136	10 333	13 119	16 604	20 499	25 714
29,0	504,60	33,84	29,37	25,35	21,83	18,81	16,23	14,23	12,35
		5 142	6 451	8 164	10 369	13 164	16 661	20 569	25 802
29,1	508,09	34,07	29,57	25,52	21,98	18,93	16,34	14,32	12,43
		5 160	6 473	8 192	10 405	13 210	16 718	20 640	25 891
29,2	511,58	34,29	29,76	25,69	22,12	19,06	16,45	14,42	12,51
		5 178	6 495	8 220	10 440	13 255	16 776	20 711	25 980
29,3	515,09	34,52	29,96	25,86	22,27	19,18	16,56	14,51	12,60
		5 195	6 517	8 248	10 476	13 300	16 833	20 781	26 068
29,4	518,62	34,75	30,16	26,03	22,42	19,31	16,67	14,61	12,68
		5 213	6 539	8 276	10 512	13 345	16 890	20 852	26 157
29,5	522,15	34,98	30,36	26,20	22,57	19,44	16,78	14,71	12,76
		5 231	6 561	8 304	10 547	13 391	16 947	20 923	26 246
29,6	525,70	35,21	30,56	26,38	22,71	19,57	16,89	14,80	12,85
		5 248	6 584	8 332	10 583	13 436	17 005	20 993	26 334
29,7	529,25	35,44	30,76	26,55	22,86	19,69	17,00	14,90	12,93
		5 266	6 606	8 360	10 618	13 481	17 062	21 064	26 423
29,8	532,82	35,67	30,96	26,72	23,01	19,82	17,11	15,00	13,02
		5 284	6 628	8 388	10 654	13 526	17 119	21 135	26 512
29,9	536,41	35,90	31,16	26,90	23,16	19,95	17,22	15,10	13,10
		5 301	6 650	8 416	10 690	13 572	17 176	21 206	26 600
30,0	540,00	36,14	31,36	27,07	23,31	20,08	17,33	15,19	13,19

Рис. 6.4 Вытяжной тройник нормализованной конструкции с углом $\alpha=30°$

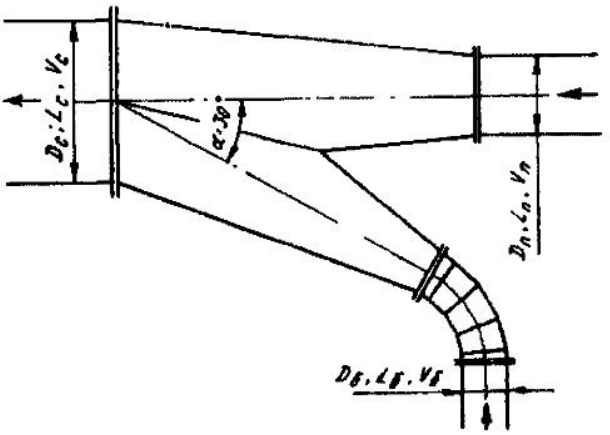
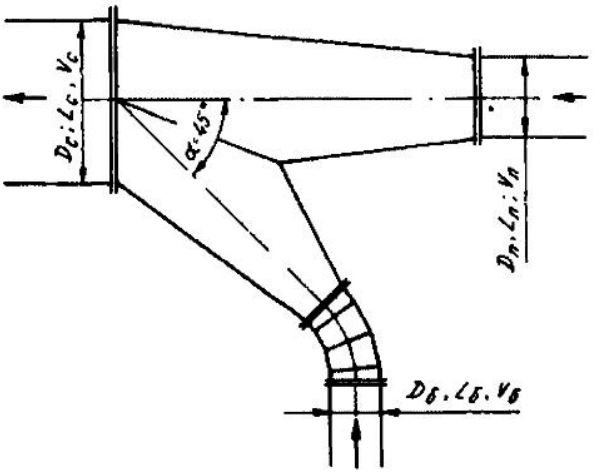


Рис. 6.5. Вытяжной тройник нормализованной конструкции с углом $\alpha=45°$



увязки только подбором диаметра воздуховода, последним шагом, как правило, является подбор диафрагмы (см рис. 3.5). Диаметр диафрагмы $d_д$ определяется по формуле [3]

$$d_д = 1{,}1 d_в \times \sqrt{\frac{1}{1+\sqrt{(H_{уз}-\Delta p)/P_д}}}, \qquad (6.20)$$

где $d_в$ — диаметр участка, входящего в узел на увязываемой ветви; Δp — потери давления на увязываемой ветви при диаметре $d_в$; $P_д$ — динамическое давление при диаметре $d_в$.

Не рекомендуется устанавливать диафрагму с диаметром $d_д<0{,}7\ d_в$; в таких случаях можно ставить на участке две диафрагмы, диаметр каждой из которых рассчитывается по формуле (6.20), в которой невязка $(H_{уз}-\Delta p)$ заменяется величиной $(H_{уз}-\Delta p)/2$. В тех случаях, когда по каким-либо соображениям диаметр воздуховода увязываемого участка $d_в$ больше нельзя уменьшать и нельзя устанавливать диафрагму, например из-за опасности закупорок, создаваемых крупными отходами (сколы, витая стружка), увязка осуществляется путем увеличения расхода воздуха на ветви до расчетного значения L', при котором величина потерь давления на ветви $\Delta p'$ будет равна $H_{уз}$ или будет отличаться от $H_{уз}$ не более чем на 5 %

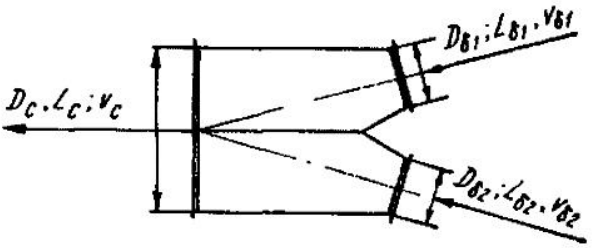


Рис. 6.6. Конструкция штанообразного тройника

6. 10.4. К расчету круглых воздуховодов из тонколистовой стали (нормализованные диаметры)

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0.630	0.710	0.800	0.900	1.000	1.120	1.250	1.400
		15 711	19 954	25 334	32 063	39 584	49 654	61 849	77 584
14,0	117,60	2,64	2,27	1,96	1,69	1,48	1,29	1,12	0,97
		15 823	20 097	25 514	32 292	39 866	50 008	62 291	78 138
14,1	119,29	2,68	2,31	1,99	1,71	1,50	1,30	1,14	0,99
		15 935	20 239	25 695	32 521	40 149	50 363	62 733	78 692
14,2	120,98	2,71	2,34	2,01	1,74	1,52	1,32	1,15	1,00
		16 047	20 382	25 876	32 750	40 432	50 718	63 175	79 246
14,3	122,69	2,75	2,37	2,04	1,76	1,54	1,34	1,17	1,01
		16 160	20 524	26 057	32 979	40 715	51 072	63 617	79 801
14,4	124,42	2,79	2,40	2,07	1,78	1,56	1,36	1,18	1,03
		16 272	20 667	26 238	33 208	40 997	51 427	64 058	80 355
14,5	126,15	2,82	2,43	2,09	1,81	1,58	1,37	1,20	1,04
		16 384	20 809	26 419	33 437	41 280	51 782	64 500	80 909
14,6	127,90	2,86	2,46	2,12	1,83	1,61	1,39	1,21	1,05
		16 496	20 952	26 600	33 666	41 563	52 136	64 942	81 463
14,7	129,65	2,90	2,49	2,15	1,85	1,63	1,41	1,23	1,07
		16 608	21 094	26 781	33 895	41 846	52 491	65 384	82 017
14,8	131,42	2,93	2,53	2,18	1,88	1,65	1,43	1,25	1,08
		16 721	21 237	26 962	34 124	42 128	52 846	65 825	82 571
14,9	133,21	2,97	2,56	2,20	1,90	1,67	1,45	1,26	1,10
		16 833	21 379	27 143	34 353	42 411	53 200	66 267	83 126
15,0	135,00	3,01	2,59	2,23	1,93	1,69	1,47	1,28	1,11
		16 945	21 522	27 324	34 582	42 694	53 555	66 709	83 680
15,1	136,81	3,05	2,63	2,26	1,95	1,71	1,49	1,29	1,12
		17 057	21 664	27 505	34 811	42 976	53 910	67 151	83 434
15,2	138,62	3,09	2,66	2,29	1,98	1,73	1,50	1,31	1,14
		17 170	21 807	27 686	35 040	43 259	54 264	67 593	84 788

15,3	140,45	3,13	2,69	2,32	2,00	1,75	1,52	1,33	1,15
		17 282	21 950	27 867	35 269	43 542	54 619	68 034	85 342
15,4	142,30	3,16	2,73	2,35	2,03	1,78	1,54	1,34	1,17
		17 394	22 092	28 048	35 498	43 825	54 974	68 476	85 896
15,5	144,15	3,20	2,76	2,38	2,05	1,80	1,56	1,36	1,18
		17 506	22 235	28 229	35 727	44 107	55 328	68 918	86 451
15,6	146,02	3,24	2,79	2,41	2,08	1,82	1,58	1,38	1,20
		17 618	22 377	28,410	35 956	44 390	55 683	69 360	87 005
15,7	147,89	3,28	2,83	2,44	2,10	1,84	1,60	1,39	1,21
		17 731	22 520	28 591	36 185	44 673	56 038	69 801	87 559
15,8	149,78	3,32	2,86	2,46	2,13	1,86	1,62	1,41	1,22
		17 843	22 662	28 772	36 414	44 956	56 392	70 243	88 113
15,9	151,69	3,36	2,90	2,49	2,15	1,89	1,64	1,43	1,24
		17 955	22 805	28 953	36 643	45 238	56 747	70 685	88 667
16,0	153,60	3,40	2,93	2,52	2,18	1,91	1,66	1,45	1,25
		18 067	22 947	29 134	36 872	45 521	57 102	71 127	89 221
16,1	155,53	3,44	2,97	2,55	2,20	1,93	1,68	1,46	1,27
		18 180	23 090	29 314	37 101	45 804	57 456	71 569	89,776
16,2	157,46	3,48	3,00	2,58	2,23	1,96	1,70	1,48	1,28
		18 292	23 232	29 495	37 330	46 087	57 811	72 010	90 330
16,3	159,41	3,53	3,04	2,62	2,26	1,98	1,72	1,50	1,30
		18 404	23 375	29 676	37 559	46 369	58 166	72 452	90 884
16,4	161,38	3,57	3,07	2,65	2,28	2,00	1,74	1,51	1,31
		18 516	23 517	29 857	37 788	46 652	58 520	72 894	91 438
16,5	163,35	3,61	3,11	2,68	2,31	2,03	1,76	1,53	1,33
		18 628	23 660	30 038	38 017	46 935	58 875	73 336	91 992
16,6	165,34	3,65	3,14	2,71	2,34	2,05	1,78	1,55	1,35
		18 741	23 802	30 219	38 246	47 218	59 230	73 777	92 546
16,7	167,33	3,69	3,18	2,74	2,36	2,07	1,80	1,57	1,36
		18 853	23 945	30 400	38 475	47 500	59 584	74 219	93 101
16,8	169,34	3,73	3,22	2,77	2,39	2,10	1,82	1,59	1,38
		18 965	24 087	30 581	38 704	47 783	59 939	74 661	93 655
16,9	171,37	3,78	3,25	2,80	2,42	2,12	1,84	1,60	1,39
		19 077	24 230	30 762	38 933	48 066	60 294	75 103	94 209

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,630	0,710	0,800	0,900	1,000	1,120	1,250	1,400
17,0	173,40	3,82	3,29	2,83	2,45	2,14	1,86	16,2	1,41
		19 190	24 372	30 943	39 162	48 349	60 648	75 545	94 763
17,1	175,45	3,86	3,33	2,87	2,47	2,17	1,88	1,64	1,42
		19 302	24 515	31 124	39 391	48 631	61 003	75 986	95,317
17,2	177,50	3,91	3,36	2,90	2,50	2,19	1,90	1,66	1,44
		19 414	24 658	31 305	39 620	48 914	61 358	76 428	95 871
17,3	179,57	3,95	3,40	2,93	2,53	2,22	1,92	1,68	1,46
		19 526	24 800	31 486	39 849	49 197	61 712	76 870	96 426
17,4	181,66	3,99	3,44	2,96	2,56	2,24	1,95	1,70	1,47
		19 638	24 943	31 667	40 078	49 480	62 067	77 312	96,980
17,5	183,75	4,04	3,48	2,99	2,58	2,27	1,97	1,71	1,49
		19 751	25 085	31 848	40 307	49 762	62 422	77 754	97 534
17,6	185,86	4,08	3,51	3,03	2,61	2,29	1,99	1,73	1,50
		19 863	25 228	32 029	40 536	50 054	62 776	78 195	98 088
17,7	187,97	4,13	3,55	3,06	2,64	2,32	2,01	1,75	1,52
		19 975	25 370	32 210	40 765	50 328	63 131	78 637	98 642
17,8	190,10	4,17	3,59	3,09	2,67	2,34	2,03	1,77	1,54
		20 087	25 513	32 391	40 994	50 610	63 486	79 079	99 197
17,9	192,25	4,21	3,63	3,13	2,70	2,37	2,05	1,79	1,55
		20 200	25 655	32 572	41 223	50 893	63,840	79 521	99 751
18,0	194,40	4,26	3,67	3,16	2,73	2,39	2,08	1,81	1,57
		20 312	25 798	32 753	41 453	51 176	64 195	79 962	100 305
18,1	196,57	4,31	3,71	3,19	2,76	2,42	2,10	1,83	1,59
		20 424	25 940	32 934	41 682	51 459	64 550	80 404	100 859
18,2	198,74	4,35	3,75	3,23	2,79	2,44	2,12	1,85	1,60
		20 536	26 083	33 115	41 911	51 741	64 904	80 846	101 413
18,3	200,93	4,40	3,79	3,26	2,81	2,47	2,14	1,87	1,62

		20 648	26 225	33 295	42 140	52 024	65 259	81 288	101 967
18,4	203,14	4,44	3,83	3,30	2,84	2,49	2,16	1,89	1,64
		20 761	26 368	33 476	42 369	52 307	65 614	81 730	102 522
18,5	205,35	4,49	3,87	3,33	2,87	2,52	2,19	1,91	1,65
		20 873	26 510	33 657	42 598	52 590	65 968	82 171	103 076
18,6	207,58	4,54	3,91	3,36	2,90	2,55	2,21	1,93	1,67
		20 985	26 653	33 838	42 827	52 872	66 323	82 613	103 630
18,7	209,81	4,58	3,95	3,40	- 2,93	2,57	2,23	1,95	1,69
		21 097	26 795	34 019	43 056	53 155	66 678	83 055	104 184
18,8	212,06	4,63	3,99	3,43	2,96	2,60	2,25	1,97	1,71
		21 209	26 938	34 200	43 285	53 438	67 032	83 497	104 738
18,9	214,33	4,68	4,03	3,47	2,99	2,62	2,28	1,99	1,72
		21 322	27 081	34 381	43 514	53 721	67 387	83 938	105 292
19,0	216,60	4,72	4,07	3,50	3,02	2,65	2,30	2,01	1,74
		21 434	27 223	34 562	43 743	54 003	67 742	84 380	105 847
19,1	218,89	4,77	4,11	3,54	3,06	2,68	2,32	2,03	1,76
		21 546	27 366	34 743	43 972	54 286	68 096	84 822	106 401
19,2	221,18	4,82	4,15	3,58	3,09	2,70	2,35	2,05	1,78
		21 658	27 508	34 924	44 201	54 569	68 451	85 264	106 955
19,3	223,49	4,87	4,19	3,61	3,12	2,73	2,37	2,07	1,79
		21 771	27 651	35 105	44 430	54 852	68 806	85 706	107 509
19,4	225,82	4,92	4,23	3,65	3,15	2,76	2,39	2,09	1,81
		21 883	27 793	35 286	44 659	55 134	69 160	86 147	108 063
19,5	228,15	4,96	4,28	3,68	3,18	2,79	2,42	2,11	1,83
		21 995	27 936	35 467	44 888	55 417	69 515	86 589	108 617
19,6	230,50	5,01	4,32	3,72	3,21	2,81	2,44	2,13	1,85
		22 107	28 078	35 648	45 117	55 700	69 870	87 031	109 172
19,7	232,85	5,06	4,36	3,76	3,24	2,84	2,47	2,15	1,87
		22 219	28 221	35 829	45 346	55 983	70 224	87 473	109 726
19,8	235,22	5,11	4,40	3,79	3,27	2,87	2,49	2,17	1,88
		22 332	28 363	36 010	45 575	56 265	70 579	87 914	110 280
19,9	237,61	5,16	4,44	3,83	3,30	2,90	2,51	2,19	1,90
		22 444	28 506	36 191	45 804	56 548	70 934	88 356	110 834
20,0	240,00	5,21	4,49	3,87	3,34	2,92	2,54	2,21	1,92
		22 556	28 648	36 372	46 033	56 831	71 288	88 798	111 388

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,630	0,710	0,800	0,900	1,000	1,120	1,250	1,400
20,1	242,41	5,26 22 668	4,53 28 791	3,90 36 553	3,37 46 262	2,95 57 113	2,56 71 643	2,23 89 240	1,94 111 942
20,2	244,82	5,31 22 781	4,57 28 933	3,94 36 734	3,40 46 491	2,98 57 396	2,59 71 998	2,26 89 682	1,96 112 497
20,3	247,25	5,36 22 893	4,62 29 076	3,98 36 915	3,43 46 720	3,01 57 679	2,61 72 352	2,28 90 123	1,98 113 051
20,4	249,70	5,41 23 005	4,66 29 218	4,02 37 095	3,47 46 949	3,04 57 962	2,64 72 707	2,30 90 565	1,99 113 605
20,5	252,15	5,46 23 117	4,71 29 361	4,05 37 276	3,50 47 178	3,07 58 244	2,66 73 062	2,32 91 007	2,01 114 159
20,6	254,62	5,51 23 229	4,75 29 504	4,09 37 457	3,53 47 407	3,10 58 527	2,69 73 416	2,34 91 449	2,03 114 713
20,7	257,09	5,57 23 342	4,79 29 646	4,13 37 638	3,56 47 636	3,12 58 810	2,71 73 771	2,36 91 891	2,05 115 267
20,8	259,58	5,62 23 454	4,84 29 789	4,17 37 819	3,60 47 865	3,15 59 093	2,74 74 126	2,39 92 332	2,07 115 822
20,9	262,09	5,67 23 566	4,88 29 931	4,21 38 000	3,63 48 094	3,18 59 375	2,76 74 481	2,41 92 774	2,09 116 376
21,0	264,60	5,72 23 678	4,93 30 074	4,24 38 181	3,66 48 323	3,21 59 658	2,79 74 835	2,43 93 216	2,11 116 930
21,1	267,13	5,77 23 791	4,97 30 216	4,28 38 362	3,70 48 552	3,24 59 941	2,81 75 190	2,45 93 658	2,13 117 484
21,2	269,66	5,83 23 903	5,02 30 359	4,32 38 543	3,73 48 781	3,27 60 224	2,84 75 545	2,47 94 099	2,15 118 038
21,3	272,21	5,88 24 015	5,06 30 501	4,36 38 724	3,76 49 010	3,30 60 506	2,86 75 899	2,50 94 541	2,17 118 592
21,4	274,78	5,93	5,11	4,40	3,80	3,33	2,89	2,52	2,19

		24 127	30 644	38 905	49 239	60 789	76 254	94 983	119 147
21,5	277,35	5,99	5,16	4,44	3,83	3,36	2,92	2,54	2,21
		24 239	30 786	39 086	49 468	61 072	76 609	95 425	119 701
21,6	279,94	6,04	5,20	4,48	3,87	3,39	2,94	2,56	2,23
		24 352	30 929	39 267	46 697	61 355	76 963	95 867	120 255
21,7	282,53	6,09	5,25	4,52	3,90	3,42	2,97	2,59	2,25
		24 464	31 071	39 448	49 926	61 637	77 318	96 308	120 908
21,8	285,14	6,15	5,29	4,56	3,94	3,45	2,99	2,61	2,27
		24 576	31 214	39 629	50 155	61 920	77 673	96 750	121 363
21,9	287,77	6,20	5,34	4,60	3,97	3,48	3,02	2,63	2,29
		24 688	31 356	39 810	50 384	62 203	78 027	97 192	121 917
22,0	290,40	6,26	5,39	4,64	4,01	3,51	3,05	2,66	2,31
		24 801	31 499	39 991	50 613	62 486	78 382	97 634	122 472
22,1	293,05	6,31	5,44	4,68	4,04	3,54	3,07	2,68	2,33
		24 913	31 641	40 172	50 842	62 768	78 737	98 075	123 026
22,2	295,70	6,37	5,48	4,72	4,08	3,57	3,10	2,70	2,35
		25 025	31 784	40 353	51 071	63 051	79 091	98 517	123 580
22,3	298,37	6,42	5,53	4,76	4,11	3,60	3,13	2,73	2,37
		25 137	31 927	40 534	51 300	63 334	79 446	98 959	124 134
22,4	301,06	6,48	5,58	4,81	4,15	3,64	3,16	2,75	2,39
		25 249	32 069	40 715	51 529	63 617	79 801	99 401	124 688
22,5	303,75	6,53	5,63	4,85	4,18	3,67	3,18	2,77	2,41
		25 362	32 212	40 896	51 758	63 899	80 155	99 843	125 243
22,6	306,46	6,59	5,67	4,89	4,22	3,70	3,21	2,80	2,43
		25 474	32 354	41 076	51 987	64 182	80 510	100 284	125 797
22,7	309,17	6,64	5,72	4,93	4,25	3,73	3,24	2,82	2,45
		25 586	32 497	41 257	52 216	64 465	80 865	100 726	126 351
22,8	311,90	6,70	5,77	4,97	4,29	3,76	3,26	2,85	2,47
		25 698	32 639	41 438	52 445	64 747	81 219	101 168	126 905
22,9	314,65	6,76	5,82	5,01	4,33	3,79	3,29	2,87	2,49
		25 810	32 782	41 619	52 674	65 030	81 574	101 610	127 459
23,0	317,40	6,81	5,87	5,06	4,36	3,82	3,32	2,89	2,51
		25 923	32 924	41 800	52 903	65 313	81 929	102 051	128 013
23,1	320,17	6,87	5,92	5,10	4,40	3,86	3,35	2,92	2,53
		26 035	33 067	41 981	53 133	65 596	82 283	102 493	128 568

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,630	0,710	0,800	0,900	1,000	1,120	1,250	1,400
23,2	322,94	6,93	5,97	5,14	4,44	3,89	3,38	2,94	2,55
		26 147	33 209	42 162	53 362	65 878	82 638	102 935	129 122
23,3	325,73	6,99	6,02	5,18	4,47	3,92	3,40	2,97	2,58
		26 259	33 352	42 343	53 591	66 161	82 993	103 377	129 676
23,4	328,54	7,04	6,07	5,23	4,51	3,95	3,43	2,99	2,60
		26 372	33 494	42 524	53 820	66 444	83 347	103 819	130 230
23,5	331,35	7,10	6,12	5,27	4,55	3,99	3,46	3,02	2,62
		26 484	33 637	42 705	54 049	66 727	83 702	104 260	130 784
23,6	334,18	7,16	6,17	5,31	4,59	4,02	3,49	3,04	2,64
		26 596	33 779	42 886	54 278	67 009	84 057	104 702	131 338
23,7	337,01	7,22	6,22	5,36	4,62	4,05	3,52	3,07	2,66
		26 708	33 922	43 067	54 507	67 292	84 411	105 144	131 893
23,8	339,86	7,28	6,27	5,40	4,66	4,09	3,55	3,09	2,68
		26 820	34 064	43 248	54 736	67 575	84 766	105 586	132 447
23,9	342,73	7,34	6,32	5,44	4,70	4,12	3,57	3,12	2,70
		26 933	34 207	43 429	54 965	67 858	85 121	106 028	133 001
24,0	345,60	7,40	6,37	5,49	4,74	4,15	3,60	3,14	2,73
		27 045	34 350	43 610	55 194	68 140	85 475	106 469	133 555
24,1	348,49	7,46	6,42	5,53	4,77	4,18	3,63	3,17	2,75
		27 157	34 492	43 791	55 423	68 423	85 830	106 911	134 109
24,2	351,38	7,52	6,47	5,58	4,81	4,22	3,66	3,19	2,77
		27 269	34 635	43 972	55 652	68 706	86 185	107 353	134 663
24,3	354,29	7,58	6,52	5,62	4,85	4,25	3,69	3,22	2,79
		27 382	34 777	44 153	65 881	68 989	86 539	107 795	135 218
24,4	357,22	7,64	6,58	5,66	4,89	4,29	3,72	3,24	2,81
		27 494	34 920	44 334	56 110	69 271	86 894	108 236	135 772
24,5	360,15	7,70	6,63	5,71	4,93	4,32	3,75	3,27	2.84

		27 606	35 062	44 515	56 339	69 554	87 249	108 678	136 326
24,6	363,10	7,76	6,68	5,75	4,97	4,35	3,78	3,29	2,86
		27 718	35 205	44 696	56 568	69 837	87 603	109 120	136 880
24,7	366,05	7,82	6,73	5,80	5,01	4,39	3,81	3,32	2,88
		27 830	35 347	44 876	56 797	70 120	87 958	109 562	137 434
24,8	369,02	7,88	6,79	5,84	5,04	4,42	3,84	3,35	2,90
		27 943	35 490	45 057	57 026	70 402	88 313	110 004	137 988
24,9	372,01	7,94	6,84	5,89	5,08	4,46	3,87	3,37	2,93
		28 055	35 632	45 238	57 255	70 685	88 667	110 445	138 543
25,0	375,00	8,00	6,89	5,94	5,12	4,49	3,90	3,40	2,95
		28 167	35 775	45 419	57 484	70 968	89 022	110 887	139 097
25,1	378,01	8,06	6,94	5,98	5,16	4,53	3,93	3,42	2,97
		28 279	35 917	45 600	57 713	71 250	89 377	111 329	139 651
25,2	381,02	8,13	7,00	6,03	5,20	4,56	3,96	3,45	2,99
		28 392	36 060	45 781	57 942	71 533	89 731	111 771	140 205
25,3	384,05	8,19	7,05	6,07	5,24	4,60	3,99	3,48	3,02
		28 504	36 202	45 962	58 171	71 816	90 086	112 212	140 759
25,4	387,10	8,25	7,11	6,12	5,28	4,63	4,02	3,50	3,04
		28 616	36 345	46 143	58 400	72 099	90 441	112 654	141 313
25,5	390,15	8,31	7,16	6,17	5,32	4,61	4,05	3,53	3,06
		28 728	36 487	46 324	58 629	72 381	90 795	113 096	141 868
25,6	393,22	8,38	7,21	6,21	5,36	4,70	4,08	3,56	3,09
		28 840	36 630	46 505	58 858	72 664	91 150	113 538	142 422
25,7	396,29	8,44	7,72	6,26	5,40	4,74	4,11	3,58	3,11
		28 953	36 773	46 686	59 087	72 947	91 505	113 980	142 976
25,8	399,38	8,50	7,32	6,31	5,44	4,77	4,14	3,61	3,13
		29 065	36 915	46 867	59 316	73 230	91 859	114 421	143 530
25,9	402,49	8,57	7,38	6,36	5,49	4,81	4,17	3,64	3,16
		29 177	37 058	47 048	59 545	73 512	92 214	114 863	144 084
26,0	405,60	8,63	7,43	6,40	5,53	4,84	4,20	3,67	3,18
		29 289	37 200	47 229	59 774	73 795	92 569	115 305	144 638
26,1	408,73	8,69	7,49	6,45	5,57	4,88	4,24	3,69	3,20
		29 402	37 343	47 410	60 003	74 078	92 923	115 747	145 193
26,2	411,86	8,76	7,54	6,50	5,61	4,92	4,27	3,72	3,23
		29 514	37 485	47 591	60 232	74 361	93 278	116 188	145 747

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,630	0,710	0,800	0,900	1,000	1,120	1,250	1,400
26,3	415,01	8,82	7,60	6,55	5,65	4,95	4,30	3,75	3,25
		29 626	37 628	47 772	60 461	74 643	93 633	116 630	146 301
26,4	418,18	8,89	7,66	6,59	5,69	4,99	4,33	3,77	3,28
		29 738	37 770	47 953	60 690	74 926	93 987	117 072	146 855
26,5	421,35	8,95	7,71	6,64	5,73	5,03	4,36	3,80	3,30
		29 850	37 913	48 134	60 919	75 209	94 342	117 514	147 409
26,6	424,54	9,02	7,77	6,69	5,77	5,06	4,39	3,83	3,32
		29 963	38 055	48 315	61 148	75 492	94 697	117,956	147 963
26,7	427,73	9,08	7,82	6,74	5,82	5,10	4,43	3,86	3,35
		30 075	38 198	48 496	61 377	75 774	95 051	118 397	148 518
26,8	430,94	9,15	7,88	6,79	5,86	5,14	4,46	3,89	3,37
		30 187	38 340	48 677	61 606	76 057	95 406	118 839	149 072
26,9	434,17	9,22	7,94	6,84	5,90	5,17	4,49	3,91	3,40
		30 299	38 483	48 857	61 835	76 340	95 761	119 281	149 626
27,0	437,40	9,28	7,99	6,89	5,94	5,21	4,52	3,94	3,42
		30 411	38 625	49 038	62 064	76 623	96 115	119 723	150 180
27,1	440,65	9,35	8,05	6,94	5,99	5,25	4,55	3,97	3,45
		30 524	38 768	49 219	62 293	76 905	96 470	120 165	150 734
27,2	443,90	9,42	8,11	6,99	6,03	5,29	4,59	4,00	3,47
		30 636	38 910	49 400	62 522	77 188	96 825	120 606	151 289
27,3	447,17	9,48	8,17	7,04	6,07	5,32	4,62	4,03	3,50
		30 748	39 053	49 581	62 751	77 471	97 179	121 048	151 843
27,4	450,46	9,55	8,23	7,09	6,12	5,36	4,65	4,06	3,52
		30 860	39 196	49 762	62 980	77 754	97 534	121 490	152 397
27,5	453,75	9,62	8,28	7,14	6,16	5,40	4,69	4,08	3,54
		30 973	39 338	49 943	63 209	78 036	97 889	121 932	152 951
27,6	457,06	9,69	8,34	7,19	6,20	5,44	4,72	4,11	3,57

		31 085	39 481	50 124	63 438	78 319	98 243	122 373	153 505
27,7	460,37	9,75	8,40	7,24	6,25	5,47	4,75	4,14	3,59
		31 197	39 623	50 305	63 667	78 602	98 598	122 815	154 059
27,8	463,70	9,82	8,46	7,29	6,29	5,51	4,78	4,17	3,62
		31 309	39 766	50 486	63 896	78 884	98 953	123 257	154 614
27,9	467,05	9,89	8,52	7,34	6,33	5,55	4,82	4,20	3,65
		31 421	39 908	50 667	64 125	79 167	99 307	123 699	155 168
28,0	470,40	9,96	8,58	7,39	6,38	5,59	4,85	4,23	3,67
		31 534	40 051	50 848	64 354	79 450	99 662	124 141	155 722
28,1	473,77	10,03	8,64	7,44	6,42	5,63	4,89	4,26	3,70
		31 646	40 193	51 029	64 583	79 733	100 017	124 582	156 276
28,2	477,14	10,10	8,70	7,49	6,46	5,67	4,92	4,29	3,72
		31 758	40 336	51 210	64 812	80 015	100 371	125 024	156 830
28,3	480,53	10,17	8,76	7,54	6,51	5,71	4,95	4,32	3,75
		31 870	40 478	51 391	65 042	80 298	100 726	125 466	157 384
28,4	483,94	10,24	8,82	7,59	6,55	5,75	4,99	4,35	3,77
		31 983	40 621	51 572	65 271	80 581	101 081	125 908	157 939
28,5	487,35	10,31	8,88	7,65	6,60	5,78	5,02	4,38	3,80
		32 095	40 763	51 753	65 500	80 864	101 435	126 349	158 493
28,6	480,78	10,38	8,94	7,70	6,64	5,82	5,05	4,41	3,82
		32 207	40 906	51 934	65 729	81 146	101 790	126 791	159 047
28,7	494,21	10,45	9,00	7,75	6,69	5,86	5,09	4,44	3,85
		32 319	41 048	52 115	65 958	81 429	102 145	127 233	159 601
28,8	497,66	10,52	9,06	7,80	6,73	5,90	5,12	4,47	3,88
		32 431	41 191	52 296	66 187	81 712	102 499	127 675	160 155
28,9	501,13	10,59	9,12	7,85	6,78	5,94	5,16	4,50	3,90
		32 544	41 333	52 477	66 416	81 995	102 854	128 117	160 709
29,0	504,60	10,66	9,18	7,91	6,82	5,98	5,19	4,53	3,93
		32 656	41 476	52 657	66 645	82 277	103 209	128 558	161 264
29,1	508,09	10,73	9,24	7,96	6,87	6,02	5,23	4,56	3,95
		32 768	41 619	52 838	66 874	82 560	103 563	129 000	161 818
29,2	511,58	10,80	9,30	8,01	6,92	6,06	5,26	4,59	3,98
		32 880	41 761	53 019	67 103	82 843	103 918	129 442	162 372
29,3	515,09	10,87	9,36	8,07	6,96	6,10	5,30	4,62	4,01
		32 993	41 904	53 200	67 332	83 126	104 273	129 884	162 926

Продолжение

Скорость потока v, м/с	Динамическое давление потока p, Па	Расход воздуха, м³/ч (верхняя строка), и потери давления на 1 м воздуховода на трение, Па (нижняя строка), при внутренних диаметрах, м							
		0,630	0,710	0,800	0,900	1,000	1,120	1,250	1,400
29,4	518,62	10,95	9,43	8,12	7,01	6,14	5,33	4,65	4,03
		33 105	42 046	53 381	67 561	83 408	104 627	130 325	163 480
29,5	522,15	11,02	9,49	8,17	7,05	6,18	5,37	4,68	4,06
		33 217	42 189	53 562	67 790	83 691	104 982	130 767	164 034
29,6	525,70	11,09	9,55	8,23	7,10	6,22	5,40	4,71	4,09
		33 329	42 331	53 743	68 019	83 974	105 337	131 209	164 589
29,7	529,25	11,16	9,61	8,28	7,15	6,27	5,44	4,74	4,11
		33 441	42 474	53 924	68 248	84 257	105 691	131 651	165 143
29,8	532,82	11,24	9,68	8,33	7,19	6,31	5,47	4,77	4,14
		33 554	42 616	54 105	68 477	84 539	106 046	132 093	165 697
29,9	536,41	11,31	9,74	8,39	7,24	6,35	5,51	4,80	4,17
		33 666	42 759	54 286	68 706	84 822	106 401	132 534	166 251
30,0	540,00	11,38	9,80	8,44	7,29	6,39	5,54	4,83	4,19

6.11. Коэффициенты местного сопротивления отводов ζ_0 при $R/D = 2$

Конструкция и схема отводов	Угол поворота $\alpha°$			
	30	45	60	90
Отводы гнутые, штампованные и сварные из 5 звеньев и 2 стаканов	0,07	0,09	0,13	0,15
Отводы сварные из 3 звеньев и 2 стаканов	0,15	0,2	0,3	0,35

6.12. Коэффициенты местного сопротивления переходов $\zeta_{пер}$

$\frac{d_2}{d_1} < 1$	$1 < \frac{d_2}{d_1} \leqslant 1,7$	$1,7 < \frac{d_2}{d_1} \leqslant 2,3$	$2,3 < \frac{d_2}{d_1} \leqslant 2,8$	$\frac{d_2}{d_1} > 2,8$
0,1	0,27	0,56	0,34	0,41

Примечание. Приведенные значения $\zeta_{пер}$ соответствуют оптимальному углу раскрытия α или оптимальной длине перехода для различных соотношений диаметров d_1 и d_2 и относятся к d_1.

16.13.1. Коэффициенты местного сопротивления тройника нормализованной конструкции, вытяжного, с углом $\alpha = 30°$ ($\xi_б$ — верхняя строка; $\xi_п$ — нижняя строка)

$D_б^2/D_с^2$	$0{,}80 < D_п^2/D_с^2 \leqslant 1{,}00$						$0{,}64 \leqslant D_п^2/D_с^2 \leqslant 0{,}80$					
	$L_б/L_с$											
	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
0,80	—0,21 0,33	—1,02 0,35	—3,65 0,32	—	—	—	—0,05 0,10	—0,45 0,10	—1,49 0,33	—4,76 0,32	—	—
0,63	0,32 0,26	—0,04 0,31	—1,29 0,30	—7,40 0,28	—	—	0,38 —0,03	0,21 0,21	—0,27 0,30	—1,83 0,31	—9,46 0,28	—
0,50	0,79 0,13	0,63 0,26	0,02 0,28	—2,97 0,27	—	—	0,80 —0,24	0,74 0,12	0,51 0,25	—0,25 0,28	—3,94 0,27	—
0,40	1,03 —0,08	0,95 0,17	0,65 0,24	—0,88 0,25	—21,44 0,23	—	1,02 —0,55	0,99 —1,01	0,89 0,18	0,50 0,24	—1,37 0,25	—
0,32	1,07 —0,47	1,04 0,04	0,87 0,18	0,08 0,21	—10,19 0,21	—	1,05 —1,02	1,04 —0,20	0,98 0,08	0,78 0,19	—0,19 0,22	—13,05 0,22
0,25	1,07 —1,05	1,04 —0,21	0,94 0,06	0,52 0,15	—4,32 0,18	—	—	1,01 —0,51	0,98 0,07	0,85 0,10	0,35 0,17	—5,58 0,19
0,20	—	1,09 —0,60	0,99 —0,11	0,71 0,07	—1,75 0,14	—	—	—	1,00 —0,26	0,90 —0,01	0,58 0,10	—2,42 0,19
0,16	—	—	1,12 —0,39	0,88 —0,06	—0,51 0,06	—14,68 0,09	—	—	1,11 —0,55	1,00 —0,15	0,75 0,01	—0,86 0,09
0,125	—	—	1,38 —0,95	1,12 —0,32	0,25 —0,07	—5,92 0,00	—	—	—	1,21 —0,39	0,97 —0,12	0,01 0,01
0,10	—	—	—	1,35 —0,75	0,66 —0,28	—2,33 —0,15	—	—	—	—	—	—

Продолжение

$D_б^2/D_с^2$	$0{,}50 < D_п^2/D_с^2 < 0{,}64$					$D_п^2/D_с^2 \leqslant 0{,}50$			
	$L_б/L_с$								
	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,7	0,6	0,5	0,4
0,80	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,63	0,38 —0,86	0,28 —0,14	0,04 0,16	—0,58 0,30	—2,63 0,30	—	—	—	—
0,50	0,79 —1,21	0,76 —0,28	0,65 0,08	—0,35 0,25	—0,61 0,29	0,74 —1,20	0,68 —0,32	0,53 0,12	0,15 0,31
0,40	—	0,98 —0,47	0,94 —0,04	0,79 0,18	0,29 0,26	0,96 —1,48	0,94 —0,47	0,86 0,00	0,66 0,26
0,32	—	1,01 —0,71	0,99 —0,17	0,91 0,09	0,64 0,21	—	—	—	—
0,25	—	—	0,95 —0,35	0,90 —0,04	0,75 0,12	—	—	—	—
0,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,125	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—

6.13.2. Коэффициенты местного сопротивления тройника нормализованной конструкции, вытяжного с углом $\alpha = 45°$ ($\xi_б$ — верхняя строка; $\xi_п$ — нижняя строка)

$D_б^2/D_с^2$	$0{,}80 < D_п^2/D_с^2 < 1{,}00$						$0{,}64 \leq D_п^2/D_с^2 \leq 0{,}80$					
	$L_б/L_с$											
	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
0,80	0,23 0,33	—0,58 0,35	—3,21 0,32	—	—	—	0,39 0,29	—0,01 0,39	—1,05 0,41	—4,32 0,38	—	—
0,63	0,45 0,26	0,09 0,31	—1,16 0,30	—7,27 0,28	—	—	0,51 0,16	0,34 0,33	—0,14 0,38	—1,70 0,37	—9,33 0,33	—
0,50	0,53 0,13	0,37 0,26	—0,24 0,28	—3,23 0,27	—	—	0,54 —0,05	0,48 0,24	0,25 0,33	—0,51 0,34	—4,20 0,32	—
0,40	0,59 —0,08	0,51 0,17	0,21 0,24	—1,32 0,25	—21,88 0,23	—	0,58 0,36	0,55 0,11	0,45 0,26	0,06 0,30	—1,81 0,30	—
0,32	0,67 —0,41	0,64 0,04	0,47 0,18	—0,32 0,21	—10,59 0,21	—	0,65 —0,83	0,64 —0,08	0,58 0,16	0,38 0,25	—0,59 0,27	—13,45 0,26
0,25	0,83 —1,05	0,80 —0,21	0,70 0,06	0,28 0,15	—4,56 0,18	—	—	0,77 —0,39	0,74 0,01	0,61 0,16	0,11 0,22	—5,82 0,23
0,2	—	1,01 —0,60	0,91 —0,11	0,63 0,08	—1,87 0,14	—	—	—	0,92 —0,18	0,82 0,05	0,50 0,15	—2,50 0,19
0,16	—	—	1,17 —0,39	0,93 —0,06	0,93 0,06	—0,46 0,09	—	—	1,16 —0,47	1,05 —0,09	0,80 0,06	—0,81 0,13
0,125	—	—	1,52 —0,95	1,26 —0,32	0,39 —0,07	—5,78 0,00	—	—	—	1,35 —0,33	1,11 —0,07	0,15 0,05
0,10	—	—	—	1,56 —0,75	0,87 —0,28	—2,12 —0,15	—	—	—	—	—	—

Продолжение

$D_б^2/D_с^2$	$0.50 < D_п^2/D_с^2 < 0.64$					$D_п^2/D_с^2 \leqslant 0.50$			
	$L_б/L_с$								
	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,7	0,6	0,5	0,4
0,80	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,63	0,51 0,12	0,41 0,28	0,17 0,43	—0,45 0,48	—2,40 0,44	—	—	—	—
0,50	0,53 —0,47	0,50 0,14	0,39 0,35	0,09 0,43	—0,87 —0,43	0,48 —0,14	0,42 0,27	0,27 0,50	—0,11 0,57
0,40	—	0,54 —0,05	0,50 0,23	0,35 0,36	0,15 0,40	0,52 —0,12	0,50 0,12	0,42 0,38	0,22 0,52
0,32	—	0,61 —0,29	0,59 0,10	0,51 0,10	0,51 0,27	0,24 0,35	—	—	—
0,25	—	—	0,71 —0,08	0,66 0,14	0,51 0,26	—	—	—	—
0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,125	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—

6.14. Коэффициенты местного сопротивления штанообразных тройников

$\xi_{б1} = \xi_{б2}$ при $L_{б1}/L_c = 0{,}5$ для значений углов α		
15°	30°	45°
0,1	0,28	0,56

7. АВТОМАТИЧЕСКИ РЕГУЛИРУЕМЫЕ АСПИРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (АРАС) И СИСТЕМЫ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ (АРСПВ)

Теоретические и экспериментальные предпосылки к созданию АРАС и АРСПВ разработаны в Львовском лесотехническом институте [4] и в Ивановском Всесоюзном научно-исследовательском институте охраны труда (ВНИИОТ) [11]. Однако к настоящему времени отсутствует как отечественный, так и зарубежный опыт промышленной эксплуатации таких систем. В связи с этим включение в справочник настоящей главы имеет целью дать широкому кругу инженерно-технических работников основные сведения о назначении, принципах действия и особенностях конструкции АРАС и АРСПВ.

Проектирование этих систем имеет свои методологические особенности. Алгоритм расчета систем также отличается от приведенного в гл. 6. Массовое проектирование их пока невозможно, поэтому в настоящем издании справочника эти материалы не приводятся. При проектировании экспериментальных систем АРАС и АРСПВ следует обращаться к указанным выше источникам. Такие системы эффективны для деревообрабатывающих производств, в которых рабочие органы технологического оборудования, подключенного к аспирационной системе, работают не всегда одновременно.

Применяемые в настоящее время аспирационные системы постоянно удаляют воздух от всего оборудования независимо от фактической одновременности его работы. Это приводит к нерациональному расходу электроэнергии и тепла.

7.1. Коэффициент загрузки аспирационных и вентиляционных систем

Полезным объемом аспирационного воздуха является тот, который удаляется от рабочего органа технологического оборудования только во время работы этого органа,— когда выделяются измельченные отходы. Для каждой системы аспирации (и компенсирующей ее работу приточной системы вентиляции) отношение величины полезного объема воздуха к величине фактического объема воздуха за один и тот же отрезок времени (час, смена, квартал и т. п.) определяет коэффициент загрузки:

$$K_{заг} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{vi} t_i}{T \sum_{i=1}^{n} Q_{vi}}, \qquad (7.1)$$

где Q_{vi} — расход воздуха по каждому отсосу технологического оборудования, подключенного к системе, м³/ч; T — время работы системы, ч; t_i — время работы каждого рабочего органа технологического оборудования, ч.

Экспериментальные исследования, проведенные Ивановским ВНИИОТ, показали, что годовой коэффициент загрузки аспирационных систем примерно равен 0,4—0,5.

Таким образом, за год в среднем 50 % воздуха отсасывается существующими аспирационными системами из деревообрабатывающих цехов бесполезно.

7.2. Регулирование режимов работы аспирационных и приточных вентиляционных систем

Регулирование режимов работы аспирационных систем должно производиться по расходу воздуха, а вентиляционных по расходу и температуре воздуха. Регулировать расход воздуха в аспирационных и вентиляционных системах можно регулированием подачи вентиляторов; включением вентиляторов в различных сочетаниях и последовательности при неизменном режиме их работы (дискретное регулирование); одновременным использованием указанных выше способов, при этом часть вентиляторов работает при постоянном режиме, а подача остальных регулируется.

Этот способ наиболее перспективный, так как дает возможность создавать аспирационные и вентиляционные системы с плавно регулируемым расходом воздуха меньшей энергоемкости.

7.3. Регулирование подачи центробежных вентиляторов

Регулирование подачи центробежных вентиляторов может осуществляться плавно, изменением частоты вращения колеса вентилятора или изменением на входе направления воздушного потока. Регулирование вентилятора плавным изменением частоты вращения его колеса наиболее экономично, так как при этом достигается максимальный для каждого режима работы КПД и, таким образом, расход мощности на работу вентилятора минимальный. Регулировать частоту вращения колеса вентилятора можно различными устройствами, но наиболее приемлем для вентиляторов клиноременный вариатор скорости.

Для изменения направления воздушных потоков наибольшее распространение получили лопаточные осевые направляющие аппараты благодаря простоте их конструкции, но при их использовании снижается КПД вентиляторов.

7.4. Принципы работы АРАС

Все АРАС по методу регулирования режимов работы вентиляторов установок отбора воздуха (УОВ) делятся на:

системы с регулированием частоты вращения вентиляторов;

системы с регулированием вентиляторов лопаточными направляющими аппаратами;

системы, в которых вентилятор первой УОВ регулируется лопаточными направляющими аппаратами, а вентилятор второй и последующих УОВ регулируется изменением частоты вращения;

системы, в которых вентиляторы одновременно регулируются дискретно по частоте вращения (многоскоростной электродвигатель) и лопаточными направляющими аппаратами;

системы, в которых вентилятор первой УОВ (или первой и второй УОВ) регулируемый, а вентиляторы остальных УОВ работают в постоянном режиме.

Работает АРАС с плавно регулируемым расходом воздуха следующим образом: при включении (выключении) станка одновременно открывается (закрывается) управляемый его пусковым устройством клапан *8* (рис. 7.1), установленный на ответвлении *9* данного станка. При открывании (закрывании) клапана изменяется количество воздуха, поступающего в коллектор *12*. Несоответствие количества воздуха, отсасываемого вентилятором и поступающего через трубопроводы-ответвления отсосов *6* станков, приводит к изменению статического давления (разрежения) в коллекторе. Вентилятор *15* транспортной установки (ТУ) работает в стационарном режиме.

Индукционный мембранный датчик *1* (рис. 7.2), установленный на коллекторе, воспринимает изменение статического давления и посылает электрический сигнал, пропорциональный этому изменению, в электронный регулятор *2*, который включает исполнительный механизм *3*, *4*, *5*, изменяющий передаточное отношение вариатора скорости *7* в зависимости от знака сигнала соответственно в ту или другую сторону. Таким путем изменяется частота вращения вентилятора, а значит, его подача и давление. Регулирование частоты вращения вентилятора будет производиться до тех пор, пока подача его не станет равной необходимому расходу воздуха отсосов одновременно работающих станков, а давление в коллекторе — равным заданному. При этом сигнал от датчика не поступит, и регулирование прекратится

При уменьшении подачи вентилятора уменьшается нагрузка на электродвигатель, что ведет к существенному снижению потребляемой им электроэнергии.

Если имеются две или несколько установок отбора воздуха, то они включаются (отключаются) последовательно. Расход воздуха транспортной установки соответствует минимальному расходу воздуха АРАС. При подключении ответвлений включается первая УОВ, и ее расход воздуха меняется от минимального до максимального. После достижения максимального расхода воздуха первая УОВ выключается, а вторая включается, и ее расход воздуха регулируется от минимального до максималь-

ного. После достижения максимального расхода воздуха второй УОВ снова включается первая установка По достижении максимального расхода воздуха первой установкой включается третья УОВ, а первая и вторая выключаются и т д Максимальный расход воздуха АРАС до-

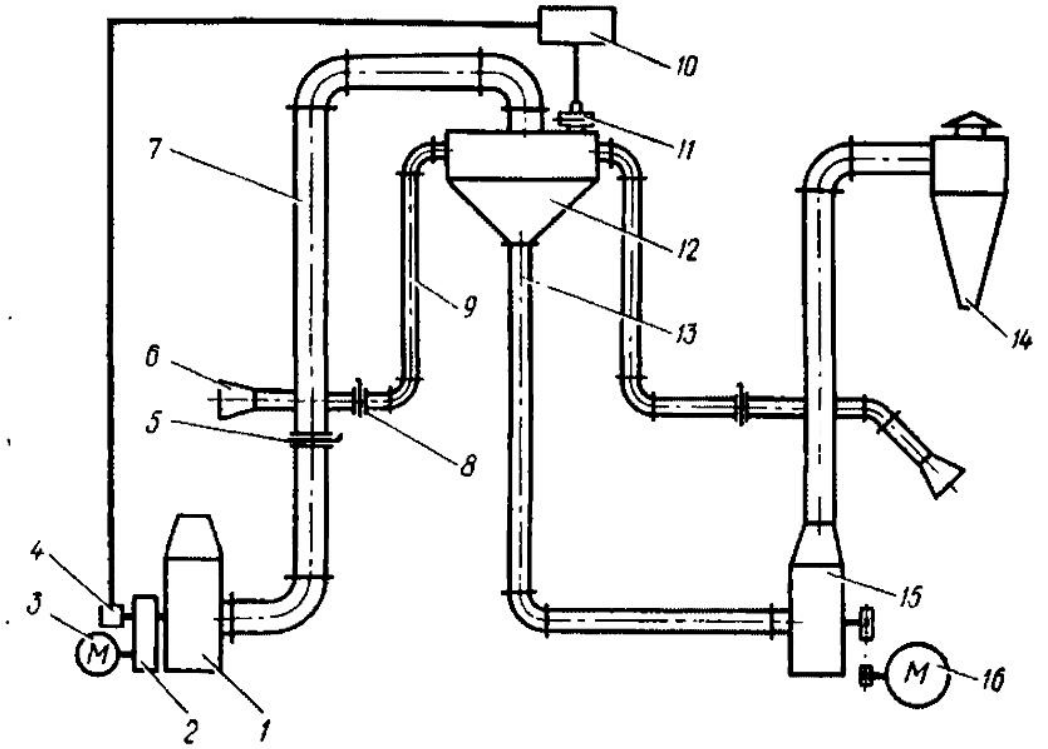


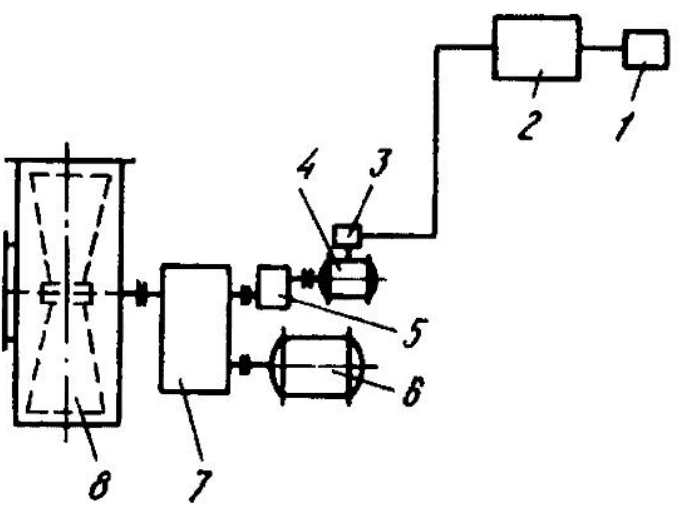
Рис. 7.1. Автоматнчески регулнруемая аспирационная система (АРАС):

1, 15 — вентиляторы, *2* — вариатор скорости, *3, 16* — электродвигатель; *4* — исполнительный механизм, *5* — обратный клапан; *6* — отсосы станков, *7* — трубопровод установки отбора воздуха; *8* — клапаны приводные; *9* — ответвления к отсосам станков; *10* — электронный регулятор, *11* — индукционный мембранный датчик; *12* — коллектор; *13* — трубопровод транспортной установки; *14* — циклон

стигается при максимальном расходе воздуха всех УОВ. При отключении ответвлений процесс регулирования идет в обратном порядке. При выключении УОВ обратный клапан *5* (рис. 7 1) перекрывает трубопровод.

Рис. 7.2. Блок-схема системы автоматического регулирования частоты вращения вентилятора установки отбора воздуха:

1 — индукционный мембранный датчик; *2* — электронный регулятор; *3* — реверсивный пускатель исполнительного механизма, *4* — электродвигатель исполнительного механизма; *5* — редуктор исполнительного механизма; *6* — электродвигатель; *7* — вариатор скорости; *8* — вентилятор



7.5. Схемы АРАС

Во всех приведенных ниже схемах элементы АРАС от приводного клапана до коллектора работают одинаково, т. е. при закрытии (открытии) клапанов изменяется количество воздуха, поступающее в коллектор, а значит, и статическое давление в нем Транспортная установка работает в стационарном режиме, удаляя из коллектора часть воздуха и весь транспортируемый материал. Регулирование АРАС в схемах С1—С7 производится за счет автоматического регулирования режимов работы установок отбора воздуха, а в схеме С8 — за счет их подключения или отключения

АРАС, выполненная по схеме *С1* (рис 7.3), кроме одного коллектора и транспортной установки может иметь одну или две УОВ с переменным расходом воздуха и одну УОВ с постоянным расходом воздуха. Схема предназначена для расходов воздуха 12—25 тыс. м³/ч. АРАС, выполненная по данной схеме, проста по конструкции и рекомендуется для небольших цехов или участков технологических потоков.

Работает АРАС, выполненная по этой схеме, следующим образом. При изменении статического давления в коллекторе *4* система автоматического регулирования *5*, *6*, *9* включает (выключает) УОВ и с помощью клиноременных вариантов скорости *10* меняет частоту вращения вентиляторов, настраивая АРАС на оптимальный режим работы.

АРАС, выполненная по схеме *С2* (рис 7.4), кроме ТУ может иметь от 2 до 20 коллекторов и один сборный коллектор, одну или две УОВ с переменным расходом воздуха и одну или две УОВ с постоянным расходом воздуха. Данная схема предназначена для расходов воздуха 25—45 тыс. м³/ч. АРАС, выполненная по данной схеме, рекомендуется для средних и крупных цехов с большим количеством деревообрабатывающего оборудования. В этой АРАС сложнее система автоматического регулирования, но она облегчает настройку АРАС на исходный режим работы при ее наладке.

Работает АРАС, выполненная по такой схеме, следующим образом При изменении количества воздуха в коллекторах *4* необходимо обеспечить постоянство режима движения аэросмеси в транспортных трубах *20*. Этот режим соблюдается с помощью специальных систем автоматического регулирования *6—9*, которые поддерживают постоянным сопротивление уравнительной трубы *5* (равным сопротивлению транспортной трубы), перекрывая ее сечение клапаном пропорционального регулирования *8*. Далее из уравнительной трубы воздушный поток, а из транспортной — аэросмесь попадают в сборный коллектор *12*, откуда транспортируемый материал с частью воздуха удаляется транспортной установкой *21—25*, а остальной воздух удаляется УОВ *13—19*. При изменении количества воздуха, поступающего в коллектор *12*, в нем меняется статическое давление. Система автоматического регулирования *10*, *11*, *18*, реагируя на изменение статического давления, меняет передаточное отношение клиноременных вариантов скорости *17*, изменяя частоту вращения вентиляторов УОВ и настраивая их на оптимальный режим работы.

АРАС, выполненная по схеме *С3* (рис. 7.5), кроме ТУ может иметь от 2 до 20 коллекторов, два сборных коллектора, одну или две УОВ с регулируемым и одну или две УОВ с постоянным расходом воздуха. Данная схема предназначена для расходов воздуха 25—45 тыс. м³/ч и рекомендуется для средних и крупных цехов с большим количеством деревообрабатывающего оборудования. АРАС, выполненная по схеме *С3*, имеет более простую по сравнению с *С2* систему автоматического регулирования, но требует более точной настройки на исходный режим работы при наладке.

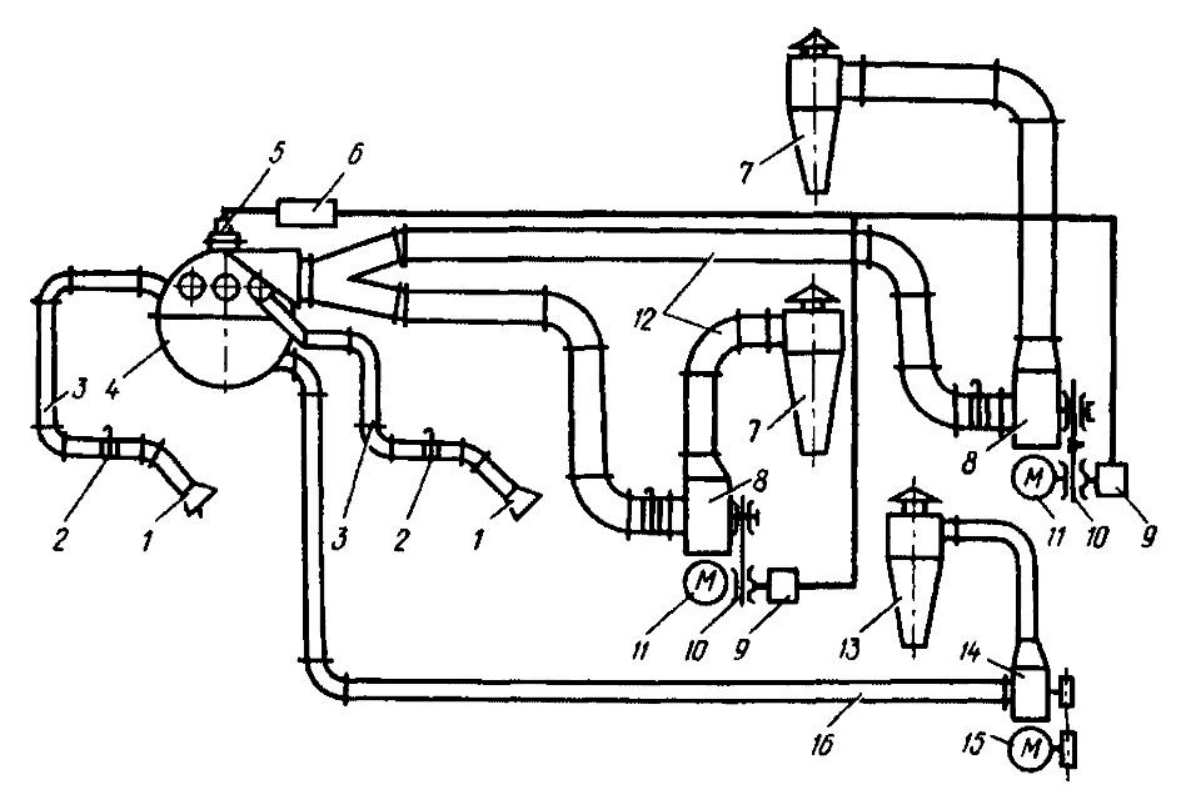


Рис. 7.3. АРАС, выполненная по схеме С1:

1 — отсосы деревообрабатывающих станков; *2* — клапаны приводные; *3* — ответвления к отсосам станков; *4* — коллектор; *5* — датчик давления; *6* — регулятор; *7*, *13* — циклоны; *8*, *14* — вентиляторы; *9* — исполнительные механизмы, *10* — вариаторы скорости; *11*, *15* — электродвигатели; *12* — трубопровод; *16* — трубопровод транспортной установки

Работает такая АРАС следующим образом. В коллекторах *4* поток аэросмеси разделяется на аэросмесь повышенной концентрации, которая направляется по транспортным трубам *6* в сборный коллектор *10* ТУ, и воздушный поток, направляемый по уравнительной трубе *5* в сборный коллектор *9* УОВ. При изменении количества воздуха, поступающего в коллектор *9*, в нем меняется статическое давление Изменение статического давления фиксируется датчиком давления *8*, с помощью командного блока *7* соответственно включаются УОВ, через исполнительные механизмы *20* меняется передаточное отношение клиноременных вариаторов скорости *21* и тем самым изменяется режим работы вентиляторов *18* УОВ. Часть АРАС, предназначенная для транспортирования аэросмеси — транспортные трубы *6*, коллектор *10* ТУ, транспортная установка *12—16*, — работают в стационарном режиме.

АРАС, выполненная по схеме *С4*, имеет один коллектор, транспортную и уравнительную трубы и одну УОВ Данная схема (рис. 7 6) предназначена для расходов воздуха до 12 тыс. м³/ч и рекомендуется для обслуживания небольшого количества деревообрабатывающего оборудования.

Работает такая АРАС следующим образом При изменении количества воздуха, поступающего в коллектор *4*, система автоматического ре-

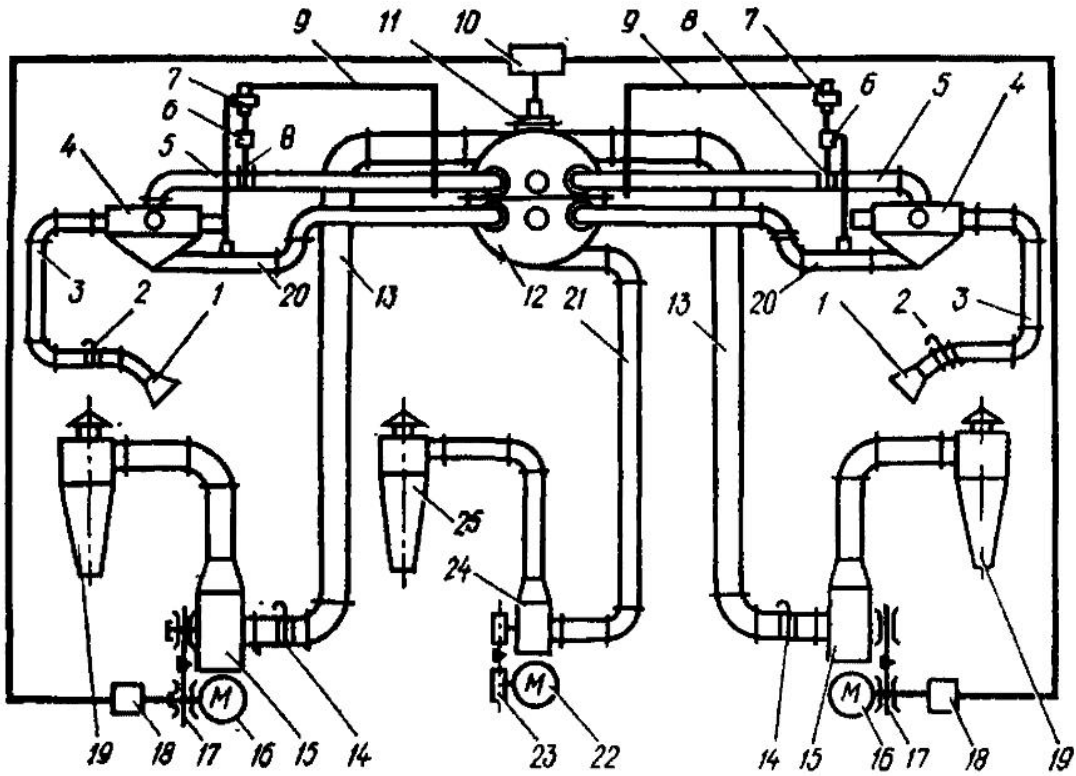


Рис. 7.4. АРАС, выполненная по схеме *С2*.

1 — отсосы деревообрабатывающих станков, *2* — клапаны приводные *3* — ответвления к отсосам; *4* — коллекторы; *5* — уравнительные трубы; *6* — регуляторы; *7* — датчики давления, *8* — клапаны пропорционального регулирования; *9* — шланги отбора давления; *10* — командный блок; *11* — датчик давления; *12* — сборный коллектор; *13* — трубопроводы УОВ; *14* — клапаны автоматические; *15* — вентиляторы УОВ; *16, 22* — электродвигатели; *17* — клиноременные вариаторы скорости, *18* — исполнительные механизмы; *19, 25* — циклоны, *20* — транспортные трубы, *21* — транспортный трубопровод; *23* — клиноременная передача; *24* — вентилятор

гулирования *8, 9, 16*, реагируя на изменение статического давления, меняет передаточное отношение клиноременного вариатора скорости *15* УОВ *10—15*, изменяя и частоту вращения вентилятора *13*. Одновременно с помощью клапана *6* пропорционального регулирования поддерживается постоянное сопротивление уравнительной трубы *7*.

АРАС, выполненная по схеме *С5*, может иметь любое количество коллекторов и УОВ, один сборный коллектор ТУ и одну ТУ. Данная схема предназначена для расходов воздуха 12—45 тыс. м³/ч. При открытии (закрытии) клапанов *3* изменяется статическое давление в соответствующих коллекторах *4*, и системы автоматического регулирования, реагируя на это изменение, меняют передаточное отношение клиноремен-

Рис. 7.5 АРАС, выполненная по схеме *С3:*

1 отсосы деревообрабатывающих станков; *2* — клапаны приводные; *3* — ответвления к отсосам; *4* — коллекторы; *5* — уравнительные трубы; *6* — транспортные трубы; *7* — командный блок; *8* — датчик давления; *9* — коллектор сборный УОВ; *10* — коллектор сборный ТУ; *11* — трубопроводы УОВ; *12* — трубопроводы ТУ, *13* — циклон ТУ, *14, 18* — вентиляторы; *15* — клиноременная передача; *16*–*19* — электродвигатели; *17* — клапан автоматический; *20* — исполнительные механизмы; *21* — клиноременные вариаторы скорости, *22* циклоны

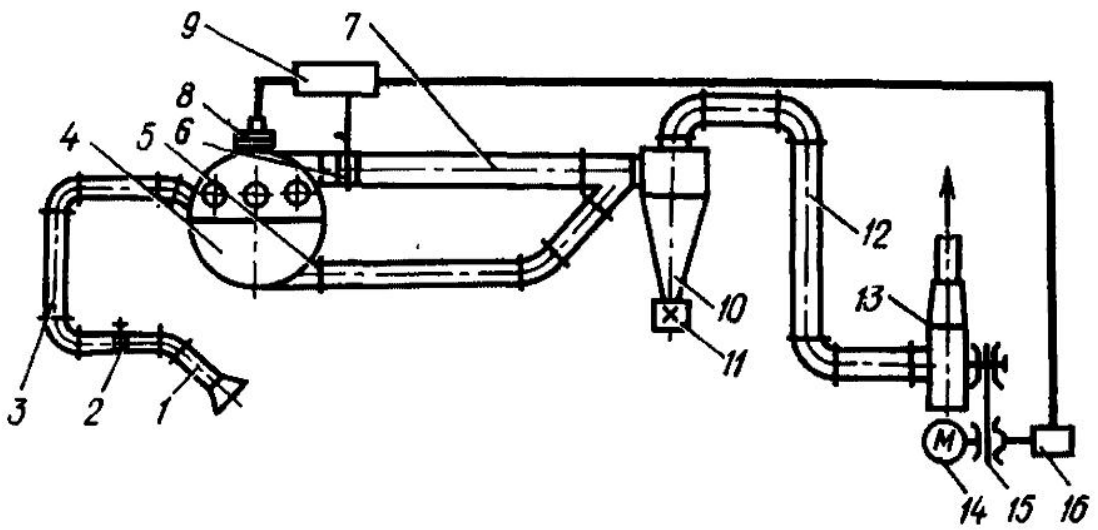


Рис. 7.6. АРАС, выполненная по схеме *С4*:

1 — отсосы деревообрабатывающих станков; *2* — клапаны приводные; *3* — ответвления к отсосам; *4* — коллектор; *5* — транспортная труба; *6* — клапан пропорционального регулирования; *7* — уравнительная труба; *8* — датчик давления; *9* — регулятор; *10* — циклон, *11* — пылевой затвор, *12* — воздуховод УОВ; *13* — вентилятор; *14* — электродвигатель; *15* — клиноременный вариатор; *16* – исполнительный механизм

ных вариаторов скорости 12 УОВ *6*, *9—15*, изменяя частоту вращения вентиляторов Часть воздушного потока с транспортируемым материалом из коллектора *4* по транспортным трубам направляется в сборный коллектор *8*, а оттуда транспортируется в циклон *16*

АРАС, выполненная по схеме *С6* (рис. 7.8), может иметь один коллектор в виде магистрального трубопровода постоянного сечения с необходимым количеством разгрузочных воронок и коническим траспорт-

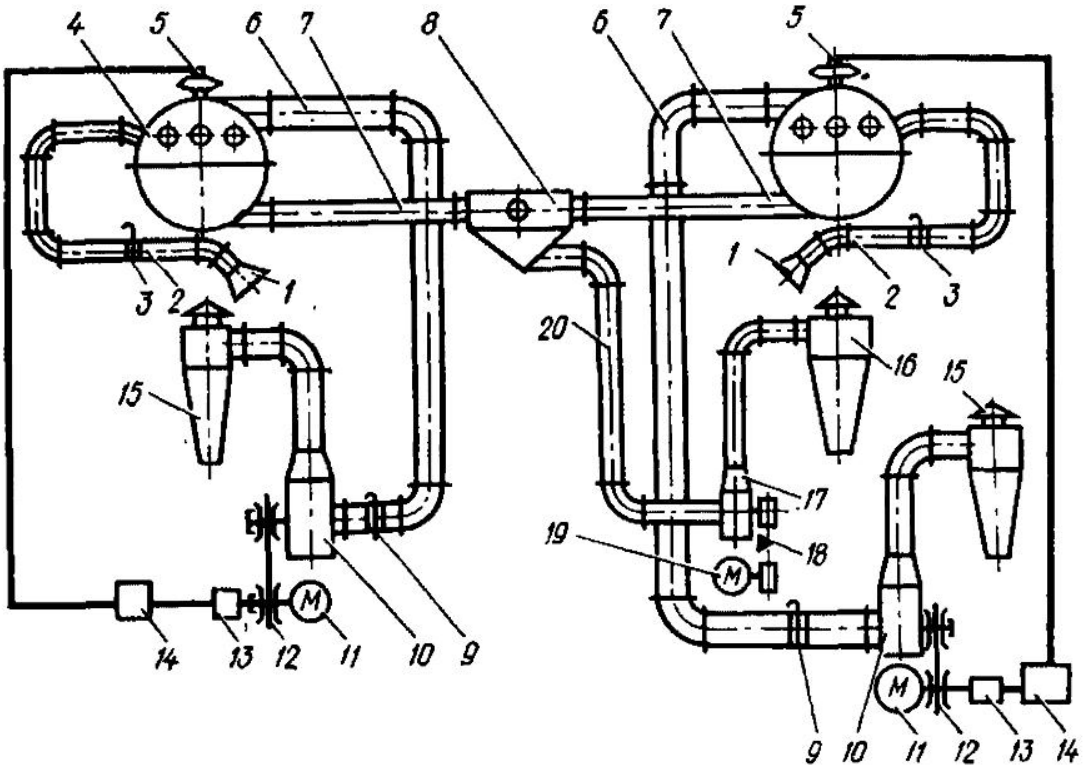


Рис. 7.7. АРАС, выполненная по схеме *С5*

1 — отсосы деревообрабатывающих станков. *2* — ответвления к отсосам. *3* — клапаны приводные; *4* — коллекторы. *5* — датчик давления, *6* — воздуховод УОВ; *7* — транспортные трубы. *8* — сборный коллектор; *9* — клапан автоматический; *10* — вентиляторы УОВ; *11*, *19* — электродвигатели; *12* — клиноременные вариаторы скорости. *13* — исполнительные механизмы. *14* — регуляторы; *15* — циклоны УОВ; *16* — циклон ТУ. *17* — вентилятор; *18* — клиноременная передача; *20* — транспортный воздуховод

ным воздуховодом, транспортную установку и от одной до четырех УОВ. Данная схема предназначена для расходов воздуха 25—60 тыс м³/ч и рекомендуется для деревообрабатывающих цехов значительной длины

Разделение воздушных потоков в этой схеме происходит в разгрузочных воронках *4*. Часть воздуха (до 20 -25 %) с транспортируемым материалом направляется через транспортный воздуховод переменного сечения *19* в ТУ *14—18*. Остальной воздух направляется в коллектор *5* и далее в установки отбора воздуха *8—13*, подключаемые в любом месте по длине коллектора. При открытии (закрытии) клапанов *3* изменяется количество воздуха, поступающее в коллектор *5*, что приводит к соответствующему изменению статического давления в нем, и система автоматического регулирования *6*, *17*, *12*, реагируя на это изменение, меняет

с помощью исполнительного механизма *12* передаточное отношение клиноременного вариатора скорости *11* УОВ *9—13*.

В АРАС, выполненной по схеме *С7*, вместо клиноременных вариаторов скорости для регулирования режимов работы вентиляторов УОВ используются осевые направляющие аппараты. Данный метод регулирования может быть использован для любой из описанных схем с учетом его достоинств и недостатков.

Автоматически дискретно регулируемая аспирационная система, выполненная по схеме *С8* (рис. 7.9), кроме коллектора в виде магн-

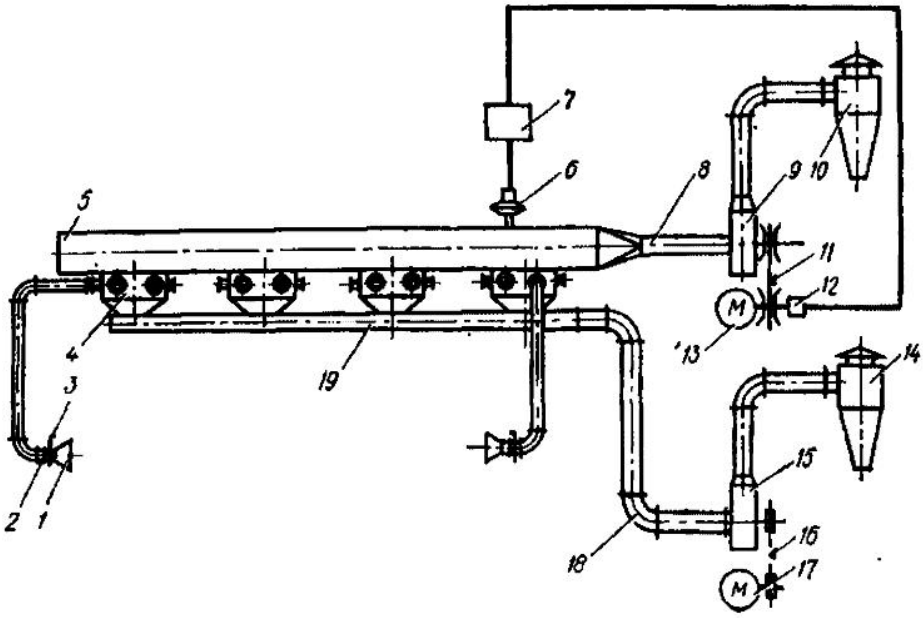


Рис. 7.8. АРАС, выполненная по схеме *С6*

1 — отсосы деревообрабатывающих станков; *2* — ответвления к отсосам; *3* — клапаны приводные; *4* — разгрузочные воронки коллектора; *5* — коллектор; *6* — датчик давления; *7* — регулятор; *8* — воздуховод УОВ; *9, 15* — вентиляторы; *10* — циклон; *11* — клиноременный вариатор скорости; *12* — исполнительный механизм; *13, 17* — электродвигатели; *14* — циклон ТУ; *16* — клиноременная передача, *18* — транспортный трубопровод, *19* — транспортный трубопровод переменного сечения

стрального трубопровода может иметь от двух до десяти УОВ. Данная аспирационная система предназначена для обслуживания технологических потоков, в которых оборудование подключается (отключается) группами, и необходимо соответственно (дискретно) менять расход воздуха всей аспирационной системы. Расход воздуха в таких системах может колебаться от 12 до 60 тыс м³/ч. Количество УОВ должно соответствовать количеству групп технологического оборудования, которое включается одновременно. При подключении (отключении) групп станков или автоматических линий с помощью одновременного открытия (перекрытия) приводных клапанов *14* ответвлений *12* к отсосам меняется статическое давление в коллекторе *9*, воздействуя на сигнализаторы давления *7, 8*, которые включают (выключают) электродвигатели УОВ последовательно через реле времени.

Описанные выше схемы *С1—С8* являются базовыми, и на их основе могут создаваться различные модификации. Оснащая приводы вентиля-

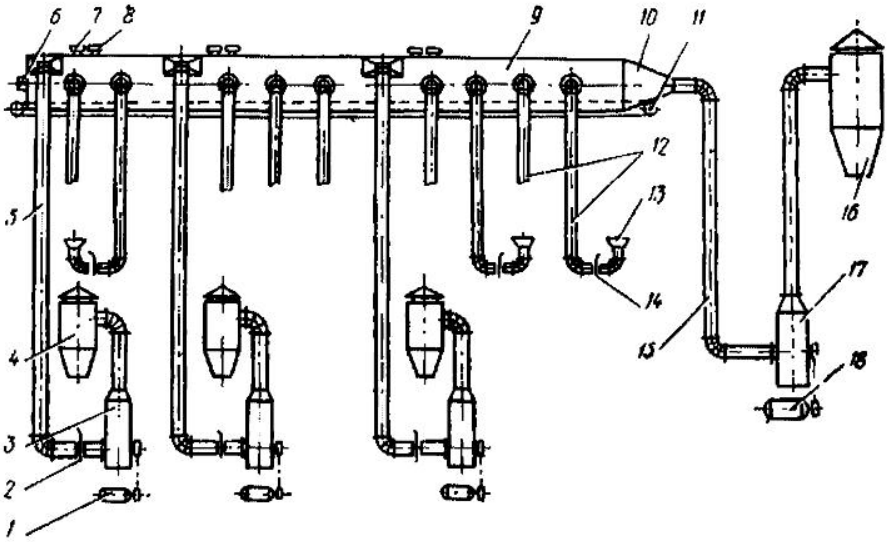


Рис. 7.9. АРАС, выполненная по схеме *С8*:

1, *18* — электродвигатели; *2* — клапаны автоматические; *3* — вентиляторы УОВ; *4* — циклоны УОВ; *5* — трубопроводы УОВ; *6* — предохранительный клапан; *7*, *8* — мембранные сигнализаторы давления; *9* — коллектор, *10* — разгрузочная воронка; *11* — ленточный конвейер; *12* — ответвления к отсосам; *13* — отсосы деревообрабатывающих станков, *14* — клапаны приводные; *15* - транспортный трубопровод; *16* — циклон, *17* — вентилятор ТУ

торов УОВ многоскоростными электродвигателями (особенно для схем *С7*, *С8*), можно расширить диапазон регулирования режимов работы и существенно снизить энергоемкость этих систем.

7.6. Приточные системы вентиляции

Существующие приточные вентиляционные системы работают при постоянном, наибольшем по расходу воздуха режиме.

Схема совместной работы АРАС и АРСПВ с одновременным регулированием температуры приточного воздуха представлена на рис 7.10. Изменение статического давления в коллекторе *3* АРАС *1—8* за счет подключения (отключения) ответвлений *1* воздействует на датчики *Д1* и *Д2* систем автоматического регулирования аспирационной и приточной вентиляционной систем, сигналы которых поступают в командные блоки *9*, управляющие изменением частоты вращения вентиляторов *5* и последовательным их включением и выключением. Таким образом достигается баланс расходов воздуха, отсасываемого аспирационной и подаваемого приточной вентиляционной системой.

Оптимальное регулирование температуры осуществляется следующим образом. При изменении расхода воздуха приточной системой *5—15* (рис. 7.10) изменяется скорость воздуха в живом сечении калорифера *12*, что фиксируется датчиком *Д3*, связанным с блоком управления *14*, который управляет исполнительными механизмами *10* створок клапанов *11*. При уменьшении расходов воздуха часть створок закрывается, а при увеличении — открывается, поддерживая постоянную скорость воздуха в живом сечении калорифера. При достижении необходимой скорости воздуха в живом сечении калорифера *12* схема управления скоростью воздуха в калориферах обесточивается, и включается схема командного

блока 9, регулирующая температуру воздуха. Если температура воздуха выше необходимой, то датчик температуры *Д4* посылает соответствующий сигнал, и схема блока управления *14*, регулирующая температуру, включает исполнительный механизм, открывая створку клапана, пропускающего холодный воздух. Затем командный блок закрывает створку клапана перед калорифером, уменьшая тем самым количество воздуха, про-

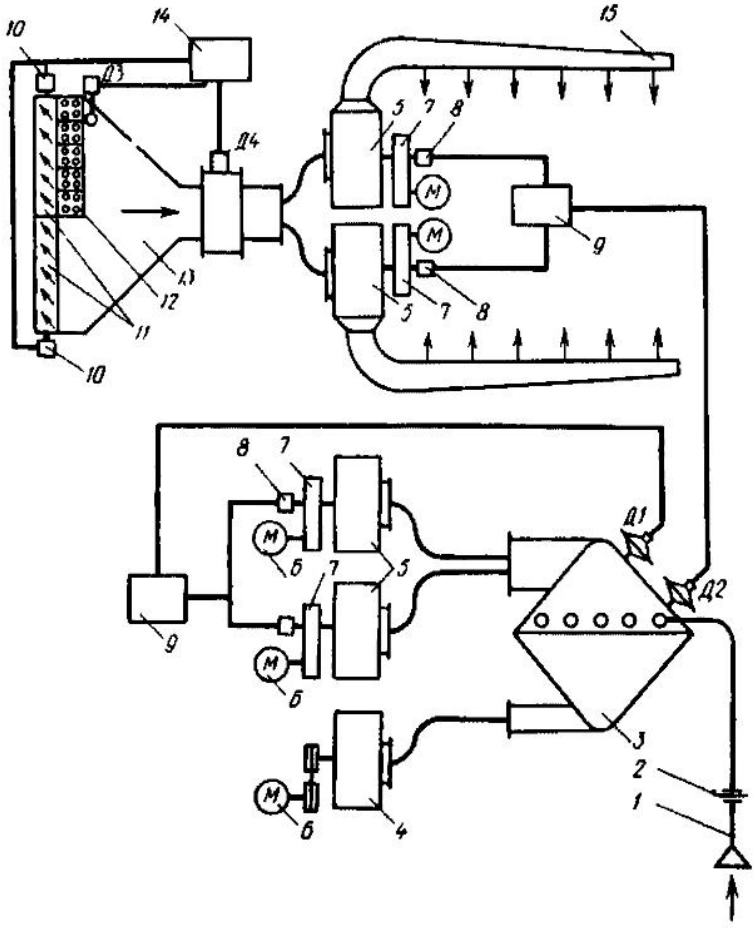


Рис. 7.10. Функциональная схема АРАС и АРСПВ:

1 — ответвления к отсосам станков; *2* — клапан; *3* — коллектор; *4* — вентилятор ТУ; *5* — вентиляторы с регулируемой подачей воздуха; *6* — электродвигатели вентиляторов; *7* — клиноременные вариаторы скорости; *8, 10* — исполнительные механизмы; *9* — командные блоки; *11* — воздушные клапаны; *12* — калориферы; *13* — приточная камера; *14* — блок управления; *15* — приточные трубопроводы: *Д1* — датчик давления АРАС; *Д2* — датчик давления АРСПВ; *Д3* — датчик скорости воздуха; *Д4* — датчик температуры воздуха

ходящего через него. Закрывая и открывая створки воздушного клапана, перекрывающие живое сечение калорифера, и створки, пропускающие холодный воздух, система автоматического регулирования устанавливает необходимую температуру воздуха, поступающего в производственное помещение.

7.7. Системы автоматического регулирования АРАС и АРСПВ

Один из рабочих вариантов системы автоматического регулирования подачи вентилятора УОВ и приточной вентиляционной системы изображен на рис. 7.11 Здесь в качестве датчика применен дифференциально-

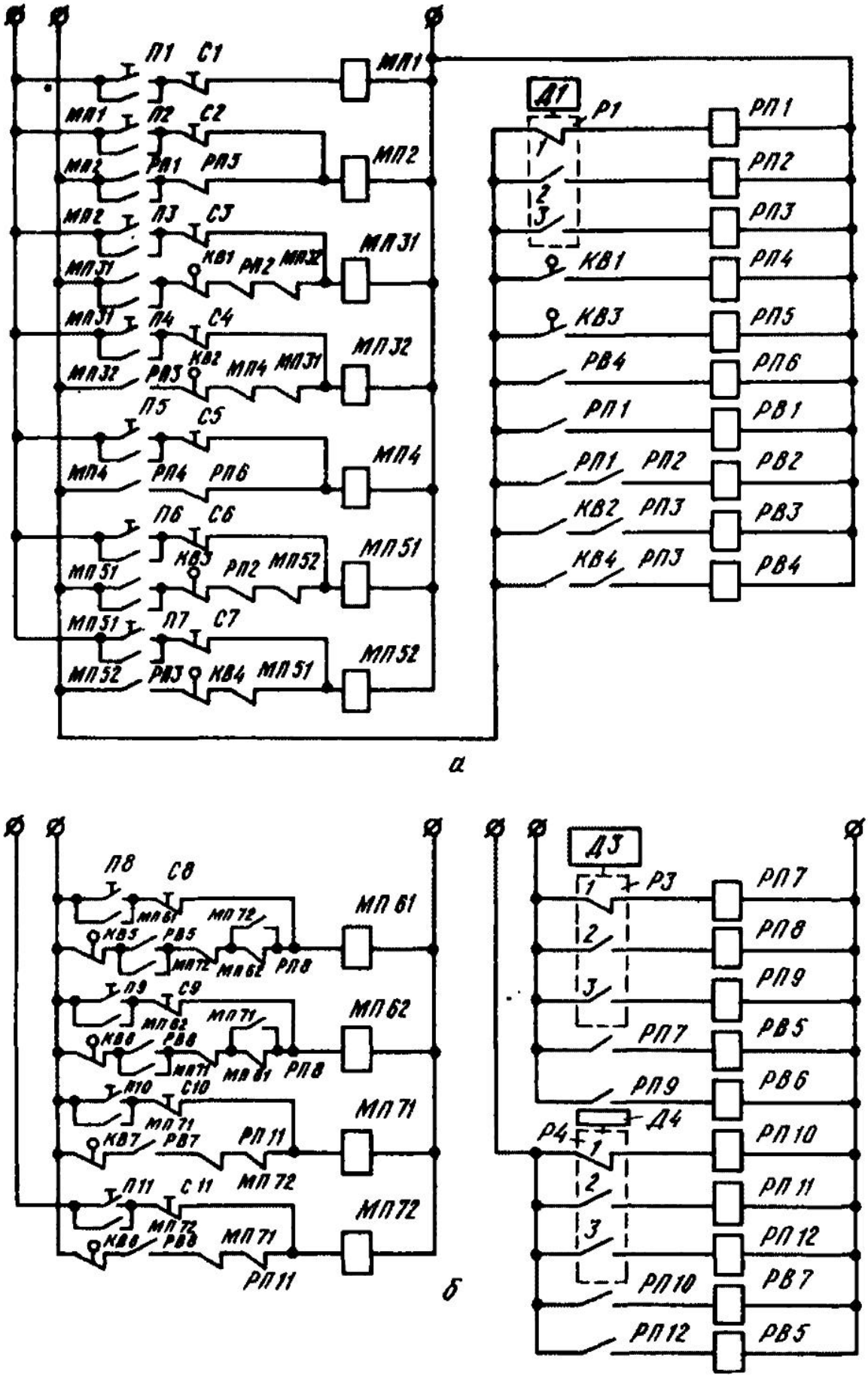


Рис. 7.11. Электрические схемы блоков:
а — командного; *б* — управления

трансформаторный индукционный преобразователь (дифференциальный тягометр) типа ДМ, а в качестве регулятора — дифманометр типа КСД-2. В качестве исполнительных механизмов могут применяться многооборотные механизмы типа МЭМ, ВАЗ и др.

При наличии двух и более УОВ для последовательного подключения (отключения) их вентиляторов к описанной схеме добавляется блок переключения, который вместе с регулятором *Р1* составляет командный блок (рис. 7.11, *а*). В приточной вентиляционной системе для регулирования расхода воздуха используется аналогичный командный блок *9*, а для регулирования температуры — блок управления *10* (рис. 7.11, *б*).

Работа системы автоматического регулирования при наличии двух и более УОВ описана на примере совместной работы АРАС и АРСПВ. Если в коллекторе статическое давление меньше исходного, то под действием сигнала датчика *Д1* в контактной группе регулятора замкнется контакт *1*. Затем включится реле *РП1* и замкнет свои контакты *РП1* в цепи магнитного пускателя *МП2*, подаст питание на электродвигатель, включая в работу первый вытяжной вентилятор *5* (рис. 7.10) с регулируемым приводом. Если при этом статическое давление окажется ниже исходного, то контакты реле *РП1* останутся включенными, и спустя 3—6 с реле времени *РВ1* замкнет свои контакты *РВ1* в цепи магнитного пускателя *МП31*, подающего питание на электродвигатель исполнительного механизма, который изменяет передаточное отношение вариатора скорости и тем самым меняет частоту вращения вентилятора. Когда статическое давление станет равным исходному, контакт *1* регулятора *Р1* разомкнется, а контакт *2* — замкнется, сработает реле *РП2* и обесточит магнитный пускатель *МП31*, исполнительный механизм *8* (рис. 7.10) остановится, и клиноременный вариатор скорости будет работать в постоянном режиме. При последующих подключениях ответвлений *2* этот процесс повторится.

По достижении максимальной подачи первым вентилятором *5* (рис. 7.10) исполнительный механизм, находясь в крайнем положении, включает выключатель *КВ1*, а с помощью реле *РП4* и магнитного пускателя *МП4* — электродвигатель второго вентилятора *5* (рис. 7.10) с регулируемым приводом, и процесс регулирования повторяется. При отключении части ответвлений *2* уменьшается количество воздуха в коллекторе, статическое давление увеличивается по сравнению с исходным, что приводит к замыканию контакта *3* регулятора *Р1*. В этом случае срабатывает реле *РП3*, и магнитный пускатель *МП52* включает электродвигатель исполнительного механизма *8* (рис. 7.10) в обратную сторону, т. е. частота вращения вентилятора уменьшается. При снижении статического давления до исходного контакт *3* регулятора *Р1* размыкается, срабатывает реле *РП2* и обесточивает магнитный пускатель *МП52*, останавливая исполнительный механизм *8* (рис 7.10). При дальнейшем отключении ответвлений процесс регулирования продолжается аналогично. По достижении минимальной подачи вентилятора *5* исполнительный механизм *8* в крайнем положении включает конечный выключатель *КВ4* и через 3—6 с срабатывает реле времени *РВ4* и реле *РП6*, отключая питание на магнитном пускателе *МП4*, что приводит к остановке вентиля-

тора *5* В дальнейшем регулирование происходит аналогично. Командный блок *9* (рис 7 10) и датчик *Д2* с регулятором *Р1* АРСПВ аналогичен командному блоку, датчику и регулятору в АРАС

Минимальная подача воздуха вентилятором *5* (рис 7.10) равна объему воздуха, удаляемого из цеха вентилятором *4* вытяжной системы При уменьшении или увеличении расхода воздуха АРСПВ соответственно закрываются или открываются створки клапанов *11* холодного или горячего контуров, обеспечивая заданную скорость воздуха в живом сечении калорифера и поддерживая необходимую температуру подаваемого воздуха. При увеличении температуры по сигналу датчика *Д4* замкнется контакт *1* регулятора *Р4* Соответственно реле *РП10* замкнет цепь реле времени *РВ7*, а оно, в свою очередь, через 3—6 с замкнет свои контакты в цепи магнитного пускателя *МП71*, который включит питание на электродвигатель исполнительного механизма *10* клапана *11* холодного контура (рис. 7.10). В то же время нормально разомкнутые контакты *МП71* замыкаются в цепи магнитного пускателя *МП62*, включая питание на электродвигатель исполнительного механизма *10* (рис. 7.10) горячего контура. При этом исполнительный механизм воздушного клапана холодного контура начнет поочередно открывать, а исполнительный механизм горячего контура — поочередно закрывать створки воздушного клапана, т. е при сохранении заданной скорости воздуха в живом сечении калорифера температура воздушного потока снизится до необходимой. При этом контакт *1* регулятора *Р4* разомкнется, а контакт *2* замкнется, сработает реле *РП11* и обесточатся магнитные пускатели *МП62*, *МП71*, останавливая исполнительные механизмы *10* клапанов *11* (рис. 7.10). При понижении температуры процесс регулирования идет в обратном направлении

7.8. Основные элементы АРАС

Воздуховоды, переходы, отводы, коллекторы, пылеуловители, вентиляторы и другие элементы АРАС аналогичны таким же элементам нерегулируемых аспирационных систем. Вариаторы скорости могут применяться любых типов, но рекомендуются наиболее простые и дешевые клиноременные вариаторы.

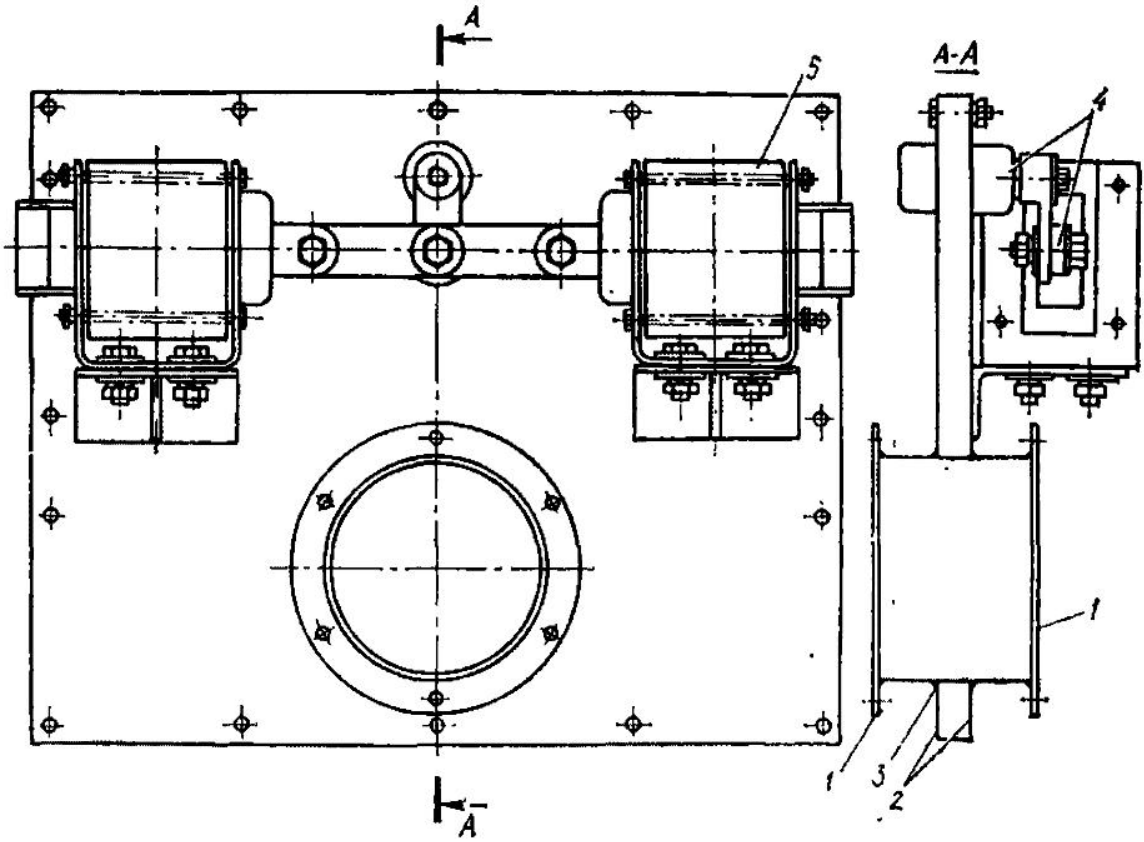
Отключение и подключение ответвлений производится клапанами, приводы которых сблокированы с приводами соответствующих рабочих органов станков. В лаборатории пневмотранспорта ЛЛТИ испытано несколько конструкций клапанов, две из них приведены на рис 7.12 и 7.13 Отличительная особенность этих клапанов — приводное устройство на электромагнитах. Клапаны предназначены для ответвлений диаметром

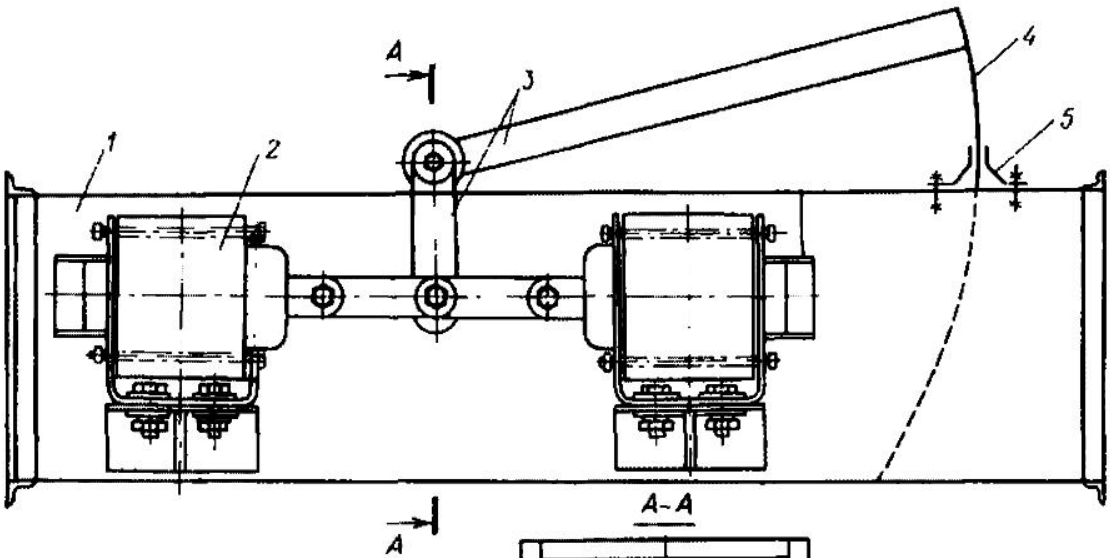
Рис. 7.12. Клапан:

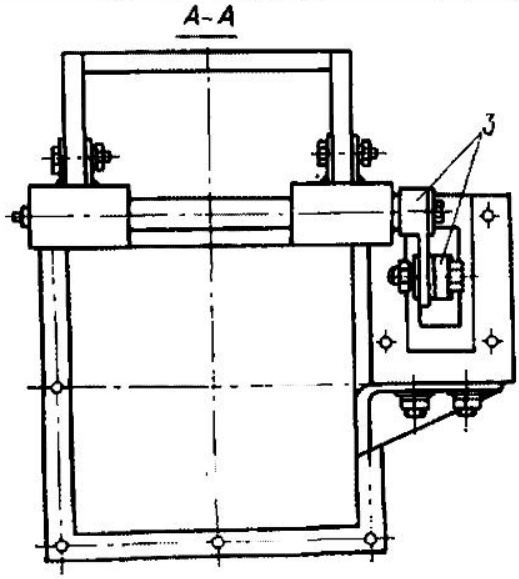
1 — фланцы для подсоединения к ответвлению. *2* — корпус; *3* — заслонка; *4* — рычажный механизм; *5* — электромагниты

Рис. 7.13 Клапан:

1 — корпус, *2* — электромагниты; *3* — рычажный механизм; *4* — заслонка; *5* — уплотнения


A
A
5
A-A
4
1
1
3
2


A
A
1
2
3
4
5


A-A
3

до 130 мм Используются электромагниты МИС3100ЕУ3 с тяговым усилием 2,9 даН, а для ответвлений большего диаметра рекомендуются электромагниты МИС4200ЕУ3 с тяговым усилием до 4,1 даН.

8. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Пожарная безопасность — это такое состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей. Пожарную безопасность обеспечивают система предотвращения пожара или комплекс организационных мероприятий и технических средств, исключающих возможность возникновения пожара, и система пожарной защиты или комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материального ущерба от него.

Пожарная безопасность регламентируется ГОСТ 12.1.004—76 «Пожарная безопасность. Общие требования», строительными нормами и правилами, межотраслевыми правилами пожарной безопасности, отраслевыми документами, утвержденными министерствами и ведомствами, и местными инструкциями и приказами по обеспечению пожарной безопасности на отдельных объектах.

Оценивают пожарную и взрывную опасность веществ и материалов по ряду показателей, главными из которых для материалов, обращающихся в аспирационных системах деревообрабатывающих производств, являются: концентрационные пределы воспламенения, температура воспламенения, температура самовоспламенения, минимальная энергия воспламенения, скорость распространения пламени, максимальное давление взрыва, максимальная скорость нарастания давления взрыва. Ниже приведены численные значения этих параметров для различных пылей, полученные различными организациями путем экспериментальных исследований Необходимо всегда иметь в виду, что каждое значение любого из параметров соответствует только конкретным условиям эксперимента, при которых это значение получено, и зависит от совокупности таких факторов, как влажность пыли, дисперсный состав, подвижность пылевоздушной смеси, однородность пыли, концентрация пыли, объем и конфигурация камеры, содержание кислорода, род источника воспламенения, исходное статическое давление и др.

Нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ), г/м³

Пыль хвойных пород	27 . . . 40
Пыль лиственных пород	30 . . . 55
Древесная мука	12,6 . . . 62
Шлифовальная пыль ДСП	47,5 . . . 57,5
То же ДВП	35 . . . 48,5
То же полиэфирного лака	10 . . . 20

Минимальная температура воспламенения осевших частиц пыли (числитель) и вихревого потока (знаменатель), °С

Микростружка	275/540
Волокна буковые	300/450

Волокна еловые		315/—	
Волокна сосновые		300/—	
Пыль буковая		250/450	
Пыль ясеневая		215/—	
Смесь древесной пыли		265/460	
Пыль ДВП при изготовлении сухим способом		262/460	
Шлифовальная пыль ДВП		235/385	
То же полиэфирного лака	165	185/350	420

Минимальная энергия воспламенения (данные измерений для частиц размером менее 71 мкм), Дж

Микростружка	4,84
Буковая пыль	0,21
Смесь древесной пыли	0,21
Пыль ДВП при изготовлении сухим способом	2,52

Значения давления взрыва и скорости нарастания давления взрыва, измеренные в камере емкостью 0,25 м³ для частиц пыли размером менее 71 мкм, приведены в табл. 8.1.

8.1. Параметры взрыва

Наименование материала	Давление взрыва, МПа (верхняя строка), и скорость нарастания давления взрыва, МПа/с (нижняя строка), при концентрации частиц пыли в воздухе, г/м³					
	200	400	600	800	1000	1200
Смесь древесной пыли	— —	0,72 8,9	0,76 12,0	0,79 12,4	0,8 14,3	0,79 18,2
Буковая пыль	— —	0,74 4,8	0,78 10,0	0,76 8,0	— —	— —
Пыль ДВП при изготовлении сухим способом	0,32 —	0,62 4,5	0,71 6,5	0,71 6,4	0,64 4,4	— —
Еловые волокна	— —	0,68 4,2	0,74 4,4	0,61 2,4	— —	— —

Исходные условия следующим образом влияют на параметры взрыва:

влияние концентрации видно из табл. 8.1;

если доля крупной фракции повышается, то параметры взрыва понижаются;

максимальное давление взрыва пропорционально начальному давлению при значениях последнего до 10 атм;

скорость нарастания давления $d_p/d\tau$, МПа·с⁻¹ при прочих равных условиях уменьшается с увеличением размера емкости при одинаковой ее форме; при этом закон изменения скорости нарастания давления выражается соотношением, МПа·м·с⁻¹:

$$\left(\frac{dp}{d\tau}\right)_{max} V^{1/3} = \text{const} \qquad (8.1)$$

Проектирование и эксплуатация пылеулавливающих сооружений деревообрабатывающих производств должны осуществляться с учетом категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности (по СНиП II-90—81). Данные о категориях производств и классах зон по ПУЭ определены для деревообрабатывающих производств внутриведомственным документом [13], данные из которого включены в табл. 6.1. Другими действующими отраслевыми документами, содержащими требования пожарной безопасности, являются [17] и [15].

В условиях, связанных с возможностью образования среды, способной к взрыву, применяются различные технические мероприятия взрывной и пожарной безопасности. В системах аспирации наиболее опасны в этом отношении пылеулавливающие аппараты и бункеры для сбора уловленного продукта. Именно в них происходят взрывы. Распространение опасного воздействия взрывов — ударного и огневого — возможно по трубопроводам, связывающим указанное оборудование с производственными помещениями, а также в результате разрушения самого оборудования.

Практические мероприятия по безопасности имеют различный характер. В связи с большими объемами пылевоздушной смеси в деревообрабатывающих производствах нельзя, как, например, в химической промышленности, изготавливать оборудование и трубопроводы, которые бы выдерживали максимальное давление взрыва. Поэтому практической мерой защиты при взрыве являются разрывные или вышибные клапаны, направляющие воздействие взрыва по заведомо безопасному направлению.

Для защиты от взрыва применяются также системы подавления взрыва, состоящие из датчика, регистрирующего повышение давления, и устройств для подачи в емкость агента, подавляющего развитие процесса взрыва, но в деревообрабатывающих производствах этот способ из-за невысокой надежности используется редко.

Из мероприятий, направленных на предотвращение возникновения взрывов, наибольшего внимания заслуживают системы обнаружения искр и их гашения в трубопроводах перед пылеулавливающими аппаратами и бункерами. Так как скорость распространения пламени горящей пыли (≈ 20 м/с), как правило, меньше скорости пылевоздушного потока в трубопроводах систем аспирации, тлеющие частицы пыли не воспламеняют остальную пыль в системе, пока не попадают в пылеулавливающий аппарат или в бункер. Системы обнаружения и гашения искр, являясь надежным и дешевым средством, предупреждающим взрывы, получили широкое распространение за рубежом.

При возникновении взрывов в емкостях трубопроводы, соединяющие эти емкости с производственными помещениями, могут служить путями распространения воздействия взрыва на людей и оборудование в этих помещениях. Предохранительными в этих случаях могут быть быстро-

действующие механические клапаны или заслонки специальной конструкции, устанавливаемые на максимально возможном расстоянии от емкостей. Отечественных конструкций подобного рода, разработанных и рекомендованных для систем аспирации деревообрабатывающих производств, в настоящее время не существует. Наиболее опасны с точки зрения возможности возникновения взрыва и пожара следующие технологические участки деревообрабатывающих производств:

в производстве ДСП — сушка стружки, измельчение стружки, шлифование плит;

в остальных производствах — шлифование, а также сбор и хранение сухих измельченных отходов.

9. ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Охрана атмосферного воздуха от загрязнения промышленными выбросами обеспечивается системой технологических и технических мероприятий за счет предприятий, министерств и ведомств, которые эксплуатируют существующие и строят новые источники выделения и источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Контроль за деятельностью предприятий, загрязняющих атмосферный воздух технологическими и вентиляционными выбросами, осуществляется местными, региональными и центральными органами Госкомгидромета СССР. Деятельность как промышленных предприятий, так и природоохранительных органов регламентируется системой нормативных документов и в соответствии с «Законом СССР об охране атмосферного воздуха» от 1980 г.

Основными нормативными документами, действующими в настоящее время, являются: ГОСТ 17.2.3.02—78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями» (введен в действие с 1980 г.); СН 245—71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий», СН 369—74 «Указания по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий»; СНиП П-33—75* «Нормы проектирования. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха; СН 202—81* «Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений»; ОНД 1-84 «Инструкция о порядке рассмотрения, согласования и экспертизы воздухоохранных мероприятий и выдачи разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферу по проектным решениям».

В основу действующей системы нормативных документов по охране атмосферы положен принцип обеспечения качества атмосферного воздуха. Критерием качества атмосферного воздуха являются значения разовых концентраций в нем вредных веществ С, мг/м^3. Значения предельно допустимых концентраций (ПДК) различных веществ в атмосферном воздухе утверждаются Министерством здравоохранения СССР. Каждому предприятию органами Госкомгидромета СССР выдается разрешение на выброс в атмосферу загрязняющих веществ как действующими, так и

проектируемыми и реконструируемыми источниками загрязнения атмосферного воздуха При этом устанавливается предельно допустимый выброс (ПДВ) или временно согласованный выброс (ВСВ) загрязняющих веществ для каждого источника, г/с, и по каждому веществу (ингредиенту) для предприятия в целом, г/с и т/г.

Предприятия, для которых установлены ПДВ (ВСВ), обязаны обеспечить систематический контроль за их соблюдением. Основными методами контроля должны быть прямые инструментальные измерения концентрации загрязняющих веществ и объемов выбрасываемых в атмосферу пылевоздушных и газовоздушных смесей. Выбросы веществ, загрязняющих атмосферу, определяют за период, к которому относятся максимальные разовые ПДК (20 мин), а также в среднем за сутки, месяц и год.

При неблагоприятных метеорологических условиях предприятия должны обеспечивать снижение выбросов вредных веществ вплоть до частичной или полной остановки работы предприятия. При превышении ПДВ (ВСВ) в результате аварии предприятие обязано в установленном порядке сообщить об этом органам, осуществляющим контроль за охраной атмосферы, и принять меры по уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу вплоть до остановки предприятия и ликвидации последствий загрязнения атмосферы.

Воздух аспирационных систем деревообрабатывающих предприятий является одним из видов технологических выбросов и содержит загрязняющее атмосферу вещество — пыль Другие источники загрязнения атмосферного воздуха пылью — системы пневматического транспортирования измельченных материалов в производстве древесностружечных, древесноволокнистых, цементно-стружечных плит и спичек, а также неорганизованные источники, например склады открытого хранения щепы и т. п.

При разработке проектной документации на строительство новых, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий, сооружений и объектов необходимо руководствоваться следующими основными положениями. Предприятия-заказчики проектной документации и организации, разрабатывающие ее, обязаны предусматривать мероприятия, обеспечивающие соблюдение норм предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосфере. Для этого необходимо, во-первых, применять технологии производств и технологическое оборудование, рассчитанные на минимальное выделение загрязняющих атмосферу веществ; во-вторых,— газоочистные и пылеулавливающие средства, обеспечивающие максимальную экономически оправданную степень очистки выбросов; в-третьих,— только при условии применения первых двух видов мероприятий — использовать рассеивающие свойства атмосферы.

Проектная документация должна содержать предложения по предельно допустимым выбросам (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу и предусматривать меры контроля за эффективностью работы пылеулавливающего и газоочистного оборудования и количеством выбросов загрязняющих веществ в атмосферу При этом не допускается увеличе-

ние объемов выбросов тех загрязняющих веществ (по сравнению с существующими или согласованными в предпроектной документации объемами), по которым в зоне действия проектируемых источников выбросов превышаются ПДК этих веществ в атмосферном воздухе.

В предпроектной документации должны разрабатываться мероприятия по снижению валовых выбросов (по сравнению с существующими) тех загрязняющих веществ, по которым на рассматриваемой территории превышаются предельно допустимые концентрации. При этом мероприятия могут предусматриваться не только на проектируемом предприятии, но и на других, имеющих источники выбросов этих веществ (включая в случае необходимости изменение их профиля и закрытие).

Разрешение на выброс загрязняющих веществ в атмосферу на все проектируемые и реконструируемые источники загрязнения атмосферного воздуха по законченным проектным решениям до утверждения проекта (рабочего проекта) выдается: Государственной инспекцией по охране атмосферного воздуха при Госкомгидромете — по проектам, утвержденным Советом Министров СССР, или когда строительство размещается на территории, обслуживаемой двумя и более управлениями по гидрометеорологии и контролю природной среды (УГКС); республиканскими и региональными государственными инспекциями по охране атмосферного воздуха — по другим проектным решениям. Разрешение выдается на основании заключения экспертных органов Госкомгидромета.

Для получения разрешения проектные материалы должны быть представлены в виде книги «Мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязнения» или в составе тома проекта «Мероприятия по охране окружающей природной среды» самостоятельным разделом Состав проектных материалов определяется требованиями ОНД 1-84 и зависит от степени воздействия проектируемого предприятия на загрязнение атмосферного воздуха, которая характеризуется параметром *П* (или параметром *Ф*, если отсутствуют обоснованные данные для расчета параметра *П*).

Параметры *П* и *Ф* рассчитывают на основании характеристик источников загрязнения атмосферы (см. форму 1).

1. Для каждого ингредиента i и каждого источника выбросов j определяют значения требуемого потребления воздуха (ТПВ), м³/с, и параметра R по формулам:

$$(\text{ТПВ})_{ji} = \frac{M_{ji}}{(\text{ПДК})_i} \cdot 10^3; \tag{9.1}$$

$$R_{ji} = \frac{D_j}{H_j + D_i} \cdot \frac{M_{ji}}{(\text{ПДК})_i V_j}, \tag{9.2}$$

где M_{ji} — расчетная величина выброса вредного вещества из источника, г/с; ПДК_i — разовая предельная допустимая концентрация вещества для населенных мест, мг/м³; D_j — диаметр устья источника, м (если устье не круглое, D_j — наибольший размер); H_j — высота источника над уровнем земли, м; V_j — объем пылевоздушной (газовоздушной) смеси данного источника, м³/г.

2 Определяют для каждого ингредиента значение параметра $П_i$, м³/с, по формуле

$$П_i = \Sigma\,[(ТПВ)_{ji} R_{ji}]. \qquad (9.3)$$

Для групп веществ, обладающих суммацией вредного воздействия, определяются значения $П_р$ как сумма значений $П_i$ ингредиентов, входящих в группу суммации. За искомый параметр $П$ принимается наибольшее из всех определенных значений $П_i$ и $П_е$.

3 Параметр $Ф$ определяется как наибольшее из всех значений $Ф_i$ и $Ф_е \cdot Ф_i$, м/с рассчитывается по формуле

$$Ф_i = \frac{10^3}{H_{i\,ср}} \cdot \frac{M_{ji}}{(ПДК)_i}, \qquad (9.4)$$

где $H_{i\,ср}$ — средняя высота выброса, $Ф_е$ — сумма $Ф_i$ ингредиентов, входящих в группу суммации.

Представляемые на рассмотрение проектные материалы должны содержать в зависимости от величин $П$ или $Ф$ следующую информацию

1 Исходные данные для проектирования, краткую характеристику объекта в части выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, краткую характеристику физико-географических и климатических условий района и площадки строительства, данные о существующих (без учета проектируемых и реконструируемых источников) уровнях загрязнения атмосферного воздуха, т. е. фоновые концентрации. Данные о фоновых концентрациях выдаются органами Госкомгидромета или Минздрава.

2 Данные о выбрасываемых в атмосферный воздух загрязняющих веществах и их комбинации с суммирующимся вредным действием, значения ПДК этих веществ; характеристики выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в соответствии с разделами I, III, IV формы статической отчетности 2-тп (воздух); количественные характеристики возможных аварийных выбросов; предложения по ПДВ (ВСВ). При расширении и реконструкции действующих предприятий представляется также копия последней годовой отчетности по форме 2-тп (воздух).

3. Ситуационный план района размещения предприятия в радиусе не менее 2 км (или не менее 50 Н, если имеются источники выбросов высотой $H>40$ м) с указанием на нем санитарно-защитной зоны (СЗЗ), селитебной территории, санаториев, домов отдыха, природоохранных зон

4. Схему генерального плана с нанесенными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и пылегазоочистными сооружениями; наносится также координатная сетка расчетного прямоугольника.

5. Результаты и анализ расчета загрязнения атмосферного воздуха в районе размещения предприятия, способ учета при расчетах рельефа местности и других расчетных значений климатических параметров, описание способа учета фона по всем веществам и их комбинациям с суммирующимся вредным действием. Исходные данные для расчета загрязнения атмосферы записывают по формуле Приложения № 3 ГОСТ 17 2.3.02—78 (см. форму 1) Если для какого-либо вещества значение параметра R, подсчитанного по формуле (9.2), ни для одного

источника не превышает 5, то по этому веществу расчет загрязнения атмосферы не производится

6. Способы оценки величины выделения загрязняющих веществ организованными и неорганизованными источниками. Сведения о затратах на реализацию мероприятий по охране атмосферного воздуха.

7. Характеристику и обоснование мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в периоды неблагоприятных метеорологических условий.

8. Характеристику вклада цехов предприятия в выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Очередность строительства и пусковые комплексы

9. Характеристику и обоснование способов контроля за количеством и составом выбросов загрязняющих веществ.

10. Сведения об уточнении санитарно-защитной зоны с учетом розы ветров.

11. Сведения о проведенных согласованиях намечаемых решений с копией заключения органов Минздрава СССР. (Указанные в пп 8, 9, 10 и 11 данные могут не приводиться, если $П < 5 \cdot 10^4$ или $Ф < 80$).

12. Обоснование выбора оборудования для очистки выбросов в атмосферу и сравнение его с передовыми техническими решениями отечественной и зарубежной практики.

13. Данные об экономической эффективности воздухоохранных мероприятий, сведения об учете мероприятий по охране атмосферного воздуха при определении общей стоимости строительства. (Указанные в п. п. 12 и 13 данные могут не приводиться, если $П \leqslant 10^6$ или $Ф \leqslant 3 \times \times 10^2$.).

14. Краткую характеристику и обоснование решений по технологии производства с точки зрения уменьшения выделения загрязняющих веществ; сравнение их с передовыми решениями отечественной и зарубежной практики; решения по использованию уловленных отходов, удельные показатели выбросов на производство единицы продукции.

15. Перечень и краткую характеристику научно-исследовательских, опытных или экспериментальных работ, которые необходимо выполнять для осуществления принятых проектных решений по охране атмосферы от загрязнения (Указанные в пп 14 и 15 данные не приводятся, если $П \leqslant 10^8$ или $Ф \leqslant 5 \cdot 10^3$).

Перечисленные выше сведения, которые должны содержаться в материалах проектов, представляемых на рассмотрение в органы Госкомгидромета, многочисленны и разнообразны, а потому в целях удобства восприятия значительную часть информации организуют в виде таблиц, формы которых приведены ниже.

Форма 1 содержит все исходные данные об источниках выбросов, необходимые для расчета загрязнения атмосферного воздуха с применением ЭВМ и подсчета величины параметров *П* и *Ф*.

Мероприятия по снижению выбросов вредных веществ в атмосферу при неблагоприятных метеорологических условиях (НМУ) в кратковременные периоды загрязнения атмосферы, опасных для здоровья населения, должны предусматривать три режима работы предприятия при

Форма 1. Характеристика источников загрязнения атмосферы

Производство	Цех	Источники выделения вредных веществ (агрегаты, установки, устройства)		Наименование источника выброса вредных веществ (труба, аэрационный фонарь и др.)	Число источников выброса, N	Номер источника на карте-схеме
		наименование	количество шт.			
1	2	3	4	5	6	7

Продолжение формы 1

Высота источника выброса H, м	Диаметр устья трубы D, м	Параметры газовоздушной (пылевоздушной) смеси на выходе из источника выброса			Координаты на карте-схеме			
					точечного источника, центра группы источников или одного конца аэрационного фонаря		второго конца аэрационного фонаря	
		скорость w_0, м/с	объем V_1, м³/с	температура $T_г$, °С	x	y	x_2	y_2
8	9	10	11	12	13	14	15	16

Продолжение формы 1

Газоочистка					Наименование мероприятий по защите атмосферы
Наименование газоочистных установок	Вещества, по которым производится газоочистка	Коэффициент обеспеченности газоочисткой K^1, %	Средняя эксплуатационная степень очистки $K^2_э$, %	Максимальная степень очистки K^2_{max}, %	
17	18	19	20	21	22

Продолжение формы 1

Выделения и выбросы основных вредных веществ, г/с					
Наименование веществ		Наименование веществ		Наименование веществ	
Выделение без учета мероприятий (газоочистки и др.)	Выброс М с учетом мероприятий	Выделение без учета мероприятий (газоочистки и др.)	Выброс М с учетом мероприятий	Выделение без учета мероприятий (газоочистки и др.)	Выброс М с учетом мероприятий
23	24	25	26	27	28

Выделения и выбросы прочих вредных веществ, г/с				
Наименование веществ		Наименование веществ	Выделение без учета мероприятий (газоочистки и др.)	Выброс М с учетом мероприятий
Выделение без учета мероприятий (газоочистки и др.)	Выброс М с учетом мероприятий			
29	30	31	32	33

Примечания:

1. Вещества классифицируются головной организацией, занимающейся защитой атмосферы городов, по ПДВ на основные, имеющие в условиях данного города наибольшую вредность и распространение, и прочие.
2. Если прочих веществ не более трех, данные о выбросах допускается записывать в вертикальных графах (по форме гр. 29 и 30); если более трех — данные о выбросах записываются строчками по форме граф 31, 32, 33.
3. Коэффициент обеспеченности очисткой K^1 определяется по формуле, %

$$K^1 = \frac{T_г}{T_т} \cdot 100, \qquad (9.5)$$

где $T_г$ — время работы за год газоочистных и пылеулавливающих установок, ч; $T_т$ — время работы за год технологического оборудования, ч.

4. Среднее эксплуатационное значение степени очистки $K^2_э$, %, вычисляется по формуле

$$K^2_э = \frac{K^2_1 T_1 + K^2_2 T_2 + \ldots + K^2 T}{T_г}, \qquad (9.6)$$

где T_1, T_2, T — интервалы работы газоочистного оборудования с различной степенью очистки соответственно K_1^2, K_2^2, K^2; $T_1 + T_2 + \ldots + T = T_г$.

Форма 2. Основные мероприятия по снижению выбросов вредных веществ в атмосферу и достижению ПДВ (ВСВ)

Производство, цех	Номер источника	Наименование веществ	Наименование мероприятия	Стоимость, тыс. р.	Источник финансирования	Срок ввода в действие
1	2	3	4	5	6	7

Продолжение формы 2

Эффективность мероприятий для источников		Эффективность мероприятий для источников		Ответственный исполнитель
г/с	%	т/г	%	
8	9	10	11	12

Примечания. 1. При заполнении колонок 1, 2 и 3 принимаются данные из формы 1, которые группируются в строки по видам вредных веществ и по мероприятиям. 2. Данные колонок 4, 5, 6, 7, 10, 11 и 12 могут записываться как дифференцированно, так и одной строкой для всего предприятия.

Форма 3. Предложения по нормативам ПДВ и ВСВ вредных веществ в атмосферу по отдельным источникам

Номер источника	Наименование веществ	Существующее положение				ВСВ	
		т/год	г/с	т/год	г/с	Дата установления	Срок действия
1	2	3	4	5	6	7	8

Продолжение формы 3

ПДВ				Примечания
т/год	г/с	Дата установления	Срок действия	
9	10	11	12	13

Форма 4. Нормативы ПДВ (ВСВ) вредных веществ в атмосферу в целом по предприятию

Наименование веществ	ПДК, мг/м³	Существующее положение						ВСВ			
		Выброс М		C_{max}, мг/м³	Координаты		Источники, вносящие наибольший вклад				
		т/год	г/с		x	y		т/год	г/с	Дата установления	Срок действия
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Перспективное положение										Примечание
Выброс M		C_{max}, мг/м³	Координаты		Источники, выносящие наибольший вклад	ПДВ				
т/год	г/с		x	y		т/год	г/с	Дата установления	Срок действия	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Форма 5. План-график контроля за соблюдением ПДВ (ВСВ)

Номера источников	Наименование веществ	Метод контроля	Аппаратура	Периодичность	Ответственный исполнитель
1	2	3	4	5	6

Примечание. Форма заполняется организацией, разрабатывающей проект мероприятий по охране атмосферы от загрязнения, совместно с действующим предприятием-заказчиком проектной документации.

Форма 6. Осуществляемые и намечаемые мероприятия по регулированию выбросов при наступлении и прогнозе неблагоприятных метеорологических условий

Наименование производства	Номера источников	Наименование мероприятий	Наименование веществ	Ожидаемое уменьшение выбросов, г/с или %	Ответственный исполнитель	Примечание
1	2	3	4	5	6	7

Примечание. Форма заполняется организацией, разрабатывающей проект мероприятий по охране атмосферы от загрязнения, совместно с предприятием-заказчиком проектной документации.

НМУ. Эти режимы соответствуют трем категориям опасности, по которым передается штормоповещение контролирующими органами городов на предприятия, в советские и партийные организации.

Первый режим — превышение (или угроза превышения) максимально-разовых ПДК до 3 раз.

Мероприятия должны обеспечить снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на 10—20 % и осуществляться без снижения мощности производства.

1. По пылеулавливающим и газоочистным сооружениям:

обеспечение бесперебойности их работы, включая отмену отключения на профилактические ремонтные работы;

увеличение до максимума степени очистки за счет регулирующих

режимов и параметров (плотность орошения, уровень жидкости в мокрых пылеуловителях и т. п.);

усиление контроля за работой газоочистных и пылеулавливающих сооружений;

включение предусмотренных специально для НМУ пылегазоулавливающих установок.

2. По основному производству:

усиление контроля за точным соблюдением технологического режима;

недопущение работы оборудования в форсированном режиме;

остановка оборудования на профилактический ремонт, если по плановым срокам такая остановка предстоит достаточно скоро;

усиление контроля за герметизацией источников выделения газа и пыли;

прекращение технологических процессов, связанных с залповыми выбросами в атмосферу загрязняющих веществ;

использование в технологических процессах сырья и материалов с меньшим содержанием вредных веществ;

проведение влажной уборки производственных помещений и оборудования, где это допускается технологией и правилами техники безопасности.

3. По вспомогательным производствам и транспорту:

то же, что и по основным производствам;

прекращение погрузочно-разгрузочных работ, связанных с выделением в атмосферу пыли и газов, а также сухой уборки территории и помещений;

снижение производительности котельных за счет второстепенных потребителей;

прекращение сжигания отходов производства;

усиление контроля за режимом сжигания топлива;

сокращение движения автотранспорта;

прекращение работы двигателей на холостом ходу и на испытательных стендах;

усиление контроля за содержанием вредных веществ в отработанных газах двигателей и за испарением топлива

Второй режим — превышение или угроза превышения максимально-разовых ПДК в 3—5 раз.

Мероприятия по второму режиму работы предприятия в НМУ включают в себя все мероприятия первого режима, а также дополнительные мероприятия, обеспечивающие общее временное сокращение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ на 25—35 %. Сокращение выбросов отдельных веществ может быть достигнуто за счет снижения производительности или остановки технологических процессов, связанных со значительными выделениями вредных веществ, указанных в штормоповещении, а также за счет перевода работы топок котельных и технологических процессов (где это возможно) на природный газ.

Третий режим — превышение или угроза превышения максимально-разовых ПДК более чем в 5 раз.

Мероприятия по третьему режиму работы предприятия в НМУ включают в себя все мероприятия первого и второго режимов, а также дополнительные мероприятия, обеспечивающие возможность временного сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на 40—60 %, что достигается за счет снижения производительности или полной остановки соответствующих технологических процессов и оборудования.

Часть вторая
ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Пневматический транспорт применяется на деревообрабатывающих предприятиях главным образом для транспортировки в места сбора и кратковременного хранения измельченных отходов, уловленных с помощью аспирационных систем, и специально измельчаемых кусковых отходов. В некоторых производствах пневмотранспорт используют для транспортировки полуфабрикатов между отдельными позициями технологического оборудования в основном производстве: стружки в производстве древесных плит, спичечной соломки и коробков в производстве спичек.

Здесь не рассматриваются пневмотранспортные системы для транспортировки отходов на лесозаготовительных предприятиях, пневмокон-

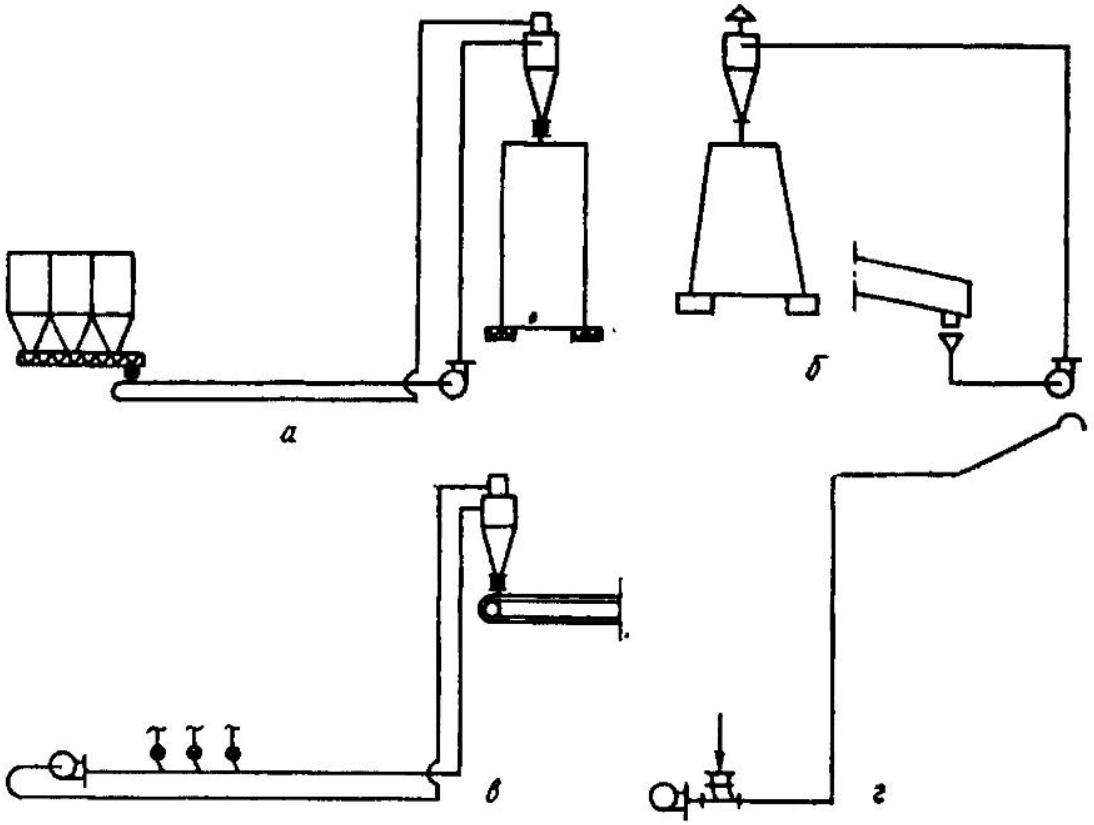


Рис. 1.1. Основные конструктивные схемы пневмотранспортеров:
а — всасывающая рециркуляционная; *б* — всасывающая прямоточная; *в* — нагнетательная рециркуляционная; *г* — нагнетательная прямоточная

вейеры щепы большой протяженности и производительности. системы пневмопогрузки и пневмовыгрузки щепы

Рассматриваемые системы пневматического транспорта можно классифицировать по множеству конструктивных признаков. Наиболее существенными из них являются два: аэродинамические условия работы узла загрузки материала и характер циркуляции воздуха. По первому признаку системы делятся на всасывающие и нагнетательные: по второму — на прямоточные и рециркуляционные (рис. 1.1).

Все системы пневматического транспорта включают в себя следующие основные части: узлы загрузки материала, узлы разгрузки материала, тягодутьевые машины, трубопроводные сети. Конструктивные решения этих основных частей, а также принципиальные схемы пневмотранспортеров определяются в ходе проектирования и зависят от многочисленных конкретных условий.

Нормативных документов, регламентирующих проектирование, изготовление и эксплуатацию систем пневмотранспорта на деревообрабатывающих предприятиях, в настоящее время не существует, поэтому при проектировании руководствуются соответствующими положениями «Инструкции о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений» СН202—81 *, а также других действующих нормативных документов и государственных стандартов, содержащих указания, применимые к проектированию, изготовлению и эксплуатации систем пневматического транспорта.

2. ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Загрузочные устройства служат для ввода транспортируемого материала в трубопровод пневмотранспортеров.

2.1. Всасывающая воронка

Схемы загрузки пневмотранспортеров с помощью всасывающей воронки представлены на рис. 2.1 *а*, *б*. Применяется в прямоточных всасы-

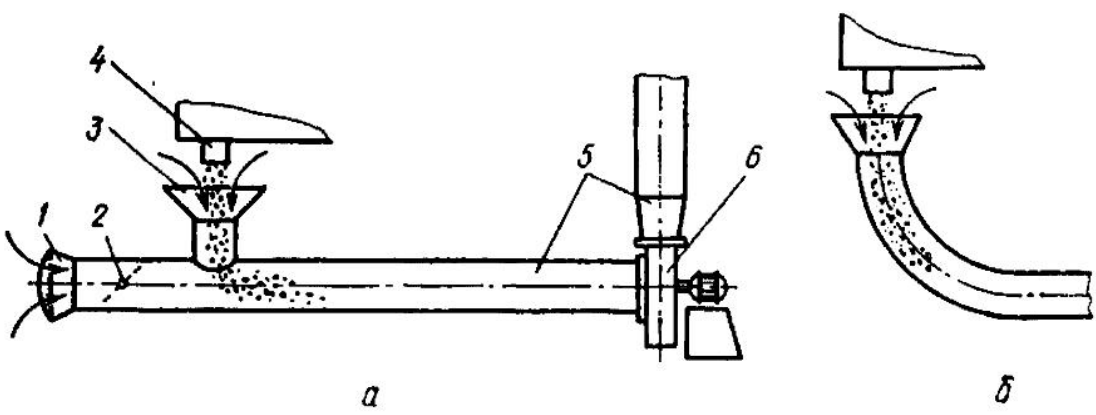


Рис. 2.1. Схема работы всасывающей воронки:

1 — воздухозабор; *2* — запорно-регулирующее устройство; *3* — загрузочная воронка; *4* — узел технологического оборудования, *5* — пневмотранспортный трубопровод; *6* — тягодутьевая машина

вающих системах, когда необходимо в зоне перегрузки материала из технологического оборудования в пневмотранспортер создать аспирационный эффект.

2.2. Эжекционная воронка

Применяется в нагнетательных системах, когда по технологическим условиям нельзя применить питатель. Схема работы эжекционной воронки приведена на рис. 2.2.

Эжекционные воронки применяются в пневмотранспортерах соломки, внутренних и наружных коробок в производстве спичек Область применения эжекционных воронок ограничена, т. к. их применение требует

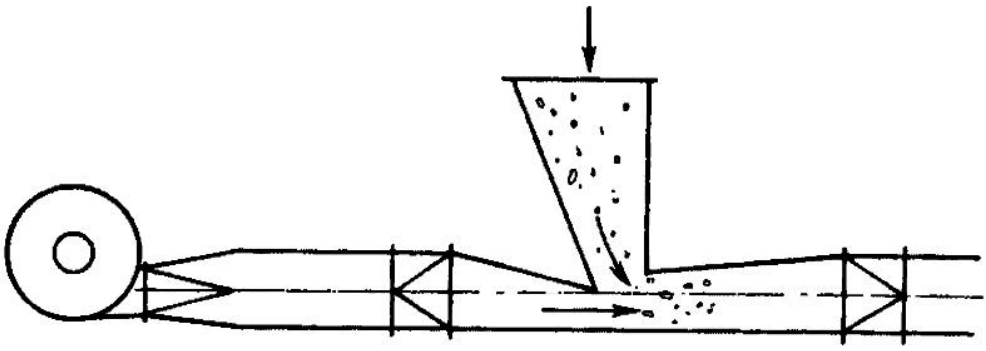


Рис. 2.2. Схема работы эжекционной воронки

увеличения давления тягодутьевой машины при существенном понижении КПД пневмотранспортеров. Методика расчета эжекционных воронок приведена в гл. 6.

2.3. Питатели

Питатели применяются как во всасывающих, так и в нагнетательных системах пневмотранспорта, обеспечивая герметизацию пневмотранспортера в узлах загрузки Применение питателей в узлах загрузки и выгрузки материала — непременное условие работы рециркуляционных пневмотранспортеров.

Шлюзовые питатели типа Ш1, получившие распространение в пневмотранспортных (и аспирационных) системах в деревообрабатывающей промышленности, представлены на рис. 2.3, а их технические параметры и размеры – в табл. 2.1. Шлюзовые питатели типа Ш1, а также Ш2 и Ш3 выпускаются Димитровградским заводом химического машиностроения.

В высоконапорных системах пневмотранспорта в качестве загрузочных устройств применяются продувные и барабанные питатели. На рис. 2.4 показана схема продувного питателя, предложенная Ленинградской лесотехнической академией им. С. М. Кирова. На рис. 2.5 показана схема барабанного питателя конструкции Астраханского СКБ ВНПО «Бумпром» (разработана рабочая документация питателей на производительность до 75 т/ч и 150 т/ч).

2.1. Характеристика и размеры шлюзовых питателей типа Ш1

Обозначение питателя	Производительность, м³/ч	Утечка воздуха через питатель, м³/ч	Электродвигатель		Размеры, мм										Масса, кг
			Тип	Мощность, кВт	$D_у$	D	D_1	L	B	H	a	b	n	n_1	
Ш1-15 РНУ-01	0,14—1,3	до 40	4АХ71В6						495						
Ш1-15 РВУ-01			В71В6	0,55	100	200	165	586	512	314	200	120	4	4	140
Ш1-20 РНУ-01			4АХ71В6						506						
Ш1-20 РВУ-01	0,37—3,6	до 50	В71В6	0,55	150	250	215	447	522	382	250	170	4	4	150
Ш1-30 РНУ-01			4АХ80В6						675						
Ш1-30 РВУ-01	1,5—14,2	до 80	В80В6	1,1	250	350	315	795	664	470	350	270	6	8	265
Ш1-45 РНУ-01			4АХ90 4						725						
Ш1-45 РВУ-01	6—56	до 120	В90 4	2,2	400	500	470	963	825	645	500	420	6	8	365

Примечания: 1. Величина утечки соответствует перепаду давления 500 даПа; 2. В обозначении питателей: Р — ручное регулирование производительности; Н, В — невзрывозащищенное и взрывозащищенное исполнение электродвигателя; У — не коррозионностойкое исполнение питателя (углеродистая сталь). 3. В таблицу не включены данные о шлюзовых питателях типа Ш2 и Ш3, не применяющихся в системах пневмотранспорта и аспирации деревообрабатывающих производств.

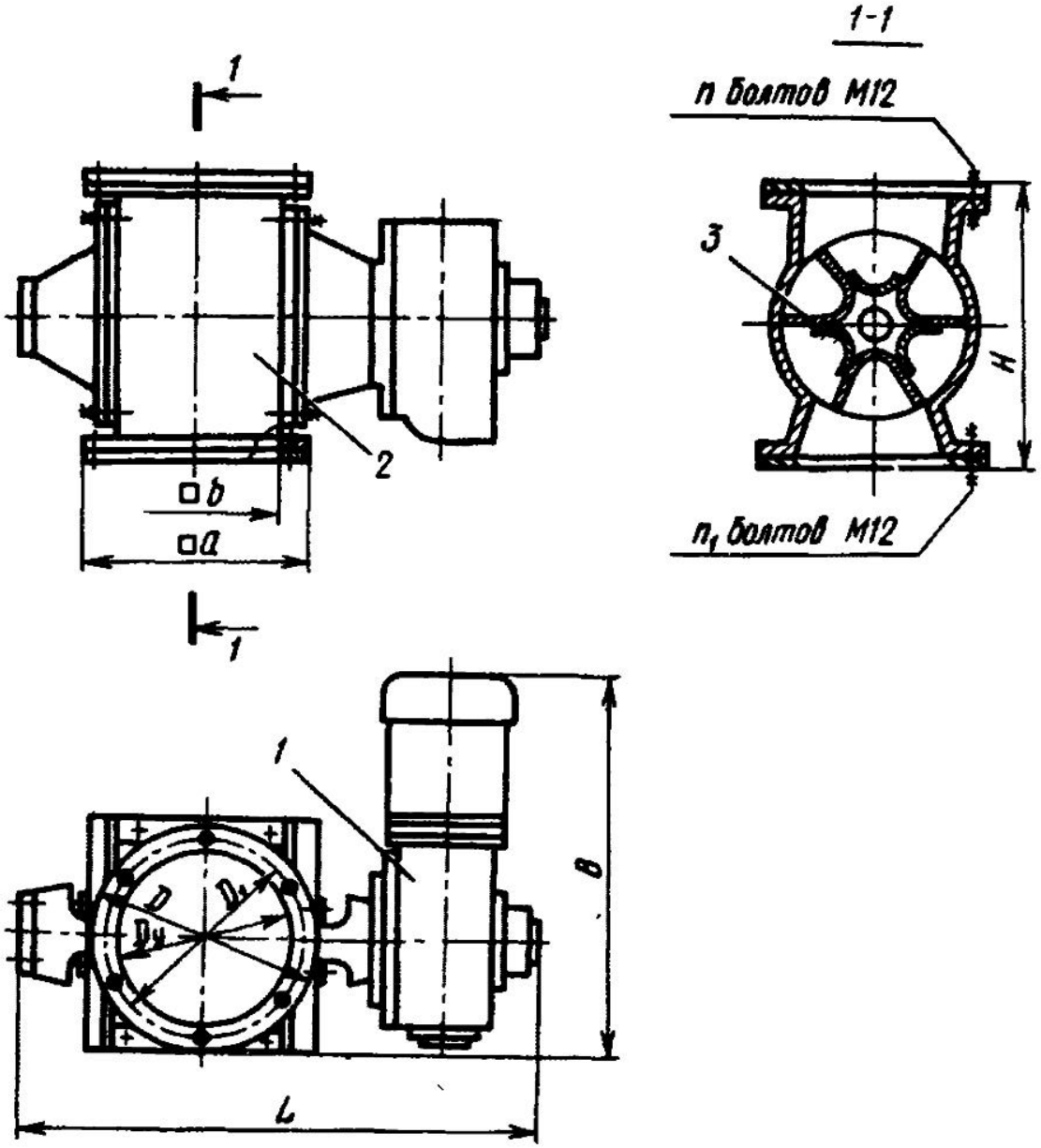
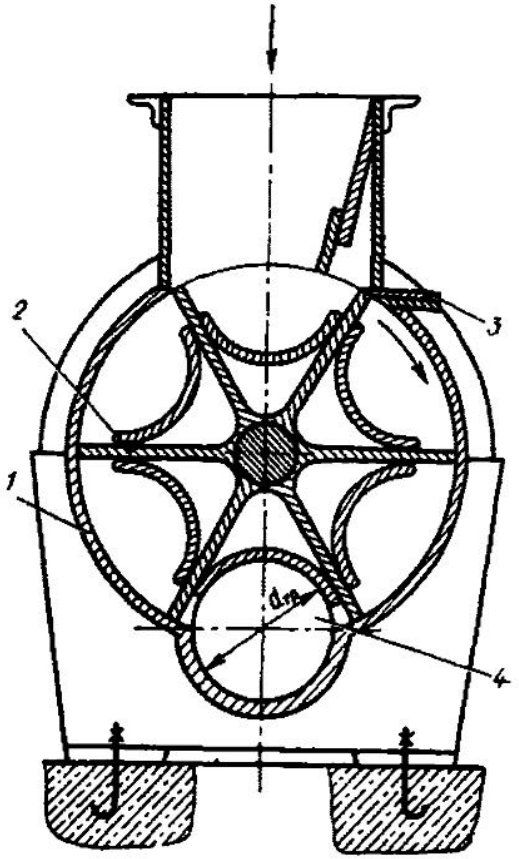


Рис. 2.3. Шлюзовые питатели типа Ш1:

1 — электропривод; 2 — корпус; 3 — ротор

Рис. 2.4. Продувной шлюзовой питатель:

1 — корпус; 2 — ротор; 3 — нож; 4 — продувной шлюз



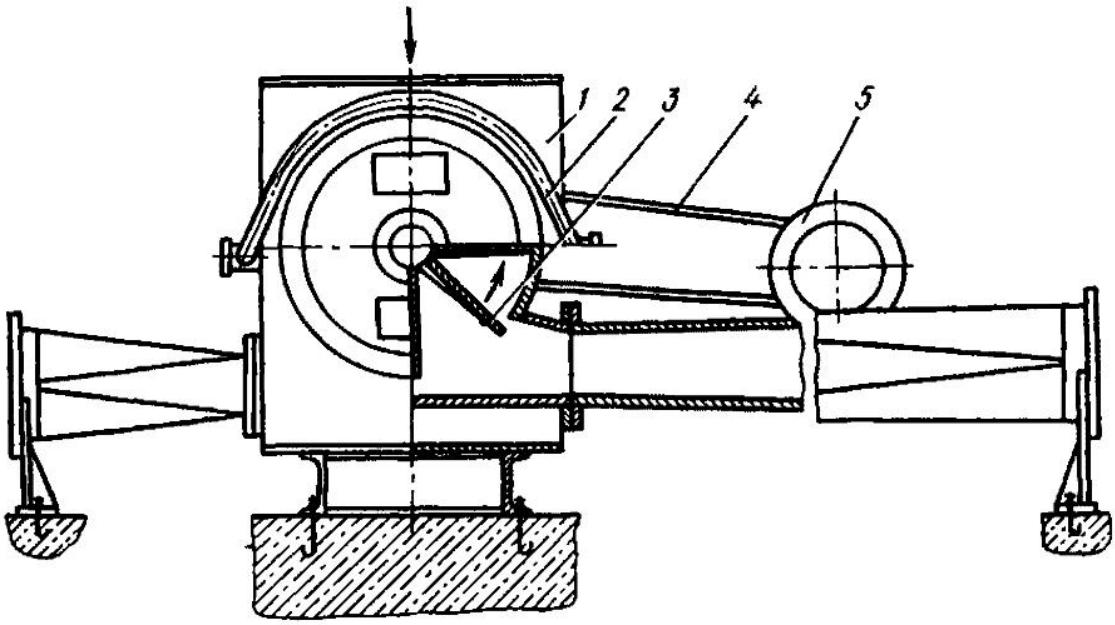


Рис. 2.5. Барабанный питатель ВНПО «Бумпром»:

1 — корпус, *2* — перепускная труба; *3* — ротор (барабан); *4* — приводной ремень; *5* — электропривод

Хорошо зарекомендовали себя барабанные питатели конструкции фирмы «Rader Pneumatics» (США), на основе которой Сибирским отделением института ПромтрансНИИпроект разработана на стадии технического проекта документация гаммы барабанных питателей производи-

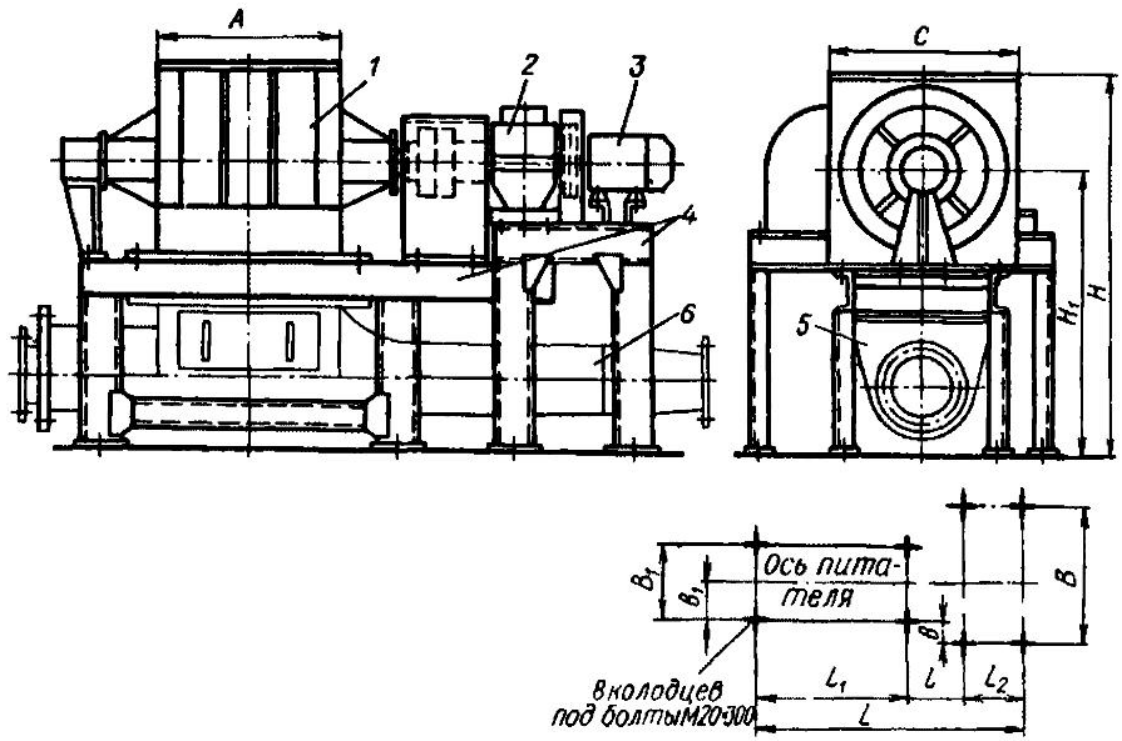


Рис. 2.6. Барабанный питатель типа ПБ и план расположения фундаментных болтов:

1 — корпус; *2* — мотор-редуктор; *3* — электродвигатель; *4* — станина; *5* — барабан (ротор), *6* — тройник питателя

2.2. Характеристика и размеры питателей барабанных

Обозначения питателя	Производительность $G_м$, т/ч	Электродвигатель		Размеры, мм													Масса, кг
		Тип	Мощность N, кВт	L	L_1	L_2	l	B	B_1	b	b_1	H	H_1	A	C		
ПБ-5 00.00.00	5	4А1006У3	2,2	1920	1080	430	410	1000	536	157	268	1375	1030	670	670		1335
ПБ-10.00.00.00	10	4А112МВ6У3	4,0	2132	1180	570	382	1250	550	350	275	1408	1048	700	680		1550
ПБ-20 00.00.00	20	4А1326У3	5,5	2470	1300	700	470	1370	810	280	405	2058	1573	790	975		2820
ПБ-30.00.00.00	30	4А132М6У3	7,5	2690	1500	720	470	1440	810	350	405	1818	1333	1000	975		2655
ПБ-50 00.00.00	50	4А1324У3	7,5	2890	1700	720	470	1500	810	410	405	2068	1583	1250	975		3450

Примечания. 1. Указанная в таблице массовая производительность — максимальная. 2. Для материалов с насыпной объемной массой $\gamma_{нас} \leqslant 0,3$ т/м максимальная массовая производительность питателей определяется умножением табличного значения $G_м$ на отношение $\gamma_{нас}/0,3$ 3 Питатели, документация которых включает в себя чертежи тройника, имеют обозначение, указанное в соответствующей строке табл. 2 3.

2.3. Размеры тройников

Обозначение тройника	Размеры, мм						Масса, кг	Примечание
	d	*L*	*l*	*H*	*A*	*B*		
ТП5/127	127	2405	750	425	775	610	180	—
Т5.00.00	203	2490	835	450	880	670	287	Чертежи входят в комплект питателя 203.ПБ-5.00.00.00
ТП5/325	325	2675	970	620	775	610	310	—
ТП10-203	203	2530	850	435	808	610	265	—
Т.00.00.00	273	2530	850	510	808	610	285	Чертежи входят в комплект питателя П.00.00.00
ТП10/325	325	2670	990	620	808	610	315	—
ТП10/426	426	2780	1100	700	808	610	420	—
ТП20/245	245	2550	972	565	888	861	388	—
ТП20/325	325	2800	972	620	888	861	460	—
ТП20/426	426	3200	1100	770	888	861	554	—
ТП30/245	245	2900	980	600	1098	861	310	—
Т30.00.00.00	325	3100	1000	620	1098	861	446	Чертежи входят в комплект питателя 325.ПБ-30.00.00.00
ТП30/426	426	3200	1150	650	1098	861	600	
ТП50/273	273	3382	1155	620	1348	861	462	—
ТП50/325	325	3382	1155	620	1348	861	472	—
ТП50/426	426	3580	1380	905	1348	861	630	—
ТП50/530	530	3580	1380	905	1348	861	642	—

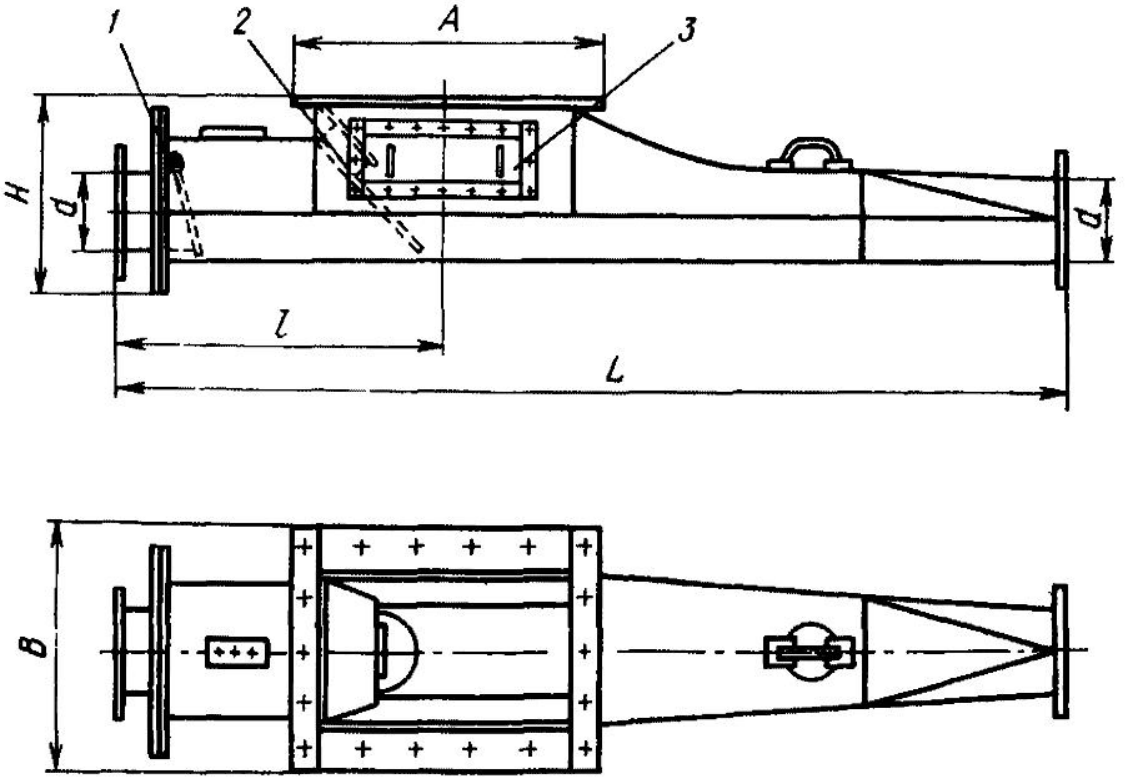


Рис. 2.7. Тройники к питателям ПБ
1 — обратный клапан; *2* — регулятор эжекции; *3* — смотровой люк

тельностью 25—400 т/ч и тройников к ним. В Гипродревпроме на базе этого проекта разработана и распространяется конструкторская документация (рабочие чертежи) барабанных питателей типа ПБ (рис. 2.6 и табл. 2.2) и тройников к ним (рис. 2.7 и табл. 2.3)

3. РАЗГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Разгрузочные устройства служат для вывода транспортируемого материала из систем пневмотранспорта в заданной точке промышленной площадки или в заданное приемное устройство технологического оборудования.

3.1. Циклоны

Наиболее распространенными разгрузочными устройствами являются циклоны При транспортировке материалов, содержащих пыль, применяют циклоны типа УЦ, подбирая их с учетом необходимой очистки выбросов в прямоточных системах. В рециркуляционных системах применяют циклоны типа УЦ, устанавливая их с улитками, а выгрузку материала осуществляя с помощью питателей.

В прямоточных системах применяют также циклоны типа К.

Циклоны К, так же, как и УЦ, не изготавливаются серийно. Рабочие чертежи циклонов разработаны институтом Гипродревпром. Конструктивные размеры и технические характеристики приведены на рис. 3.1 и в табл. 3.1.

3.1. Технические характеристики и размеры циклонов типа К

Обозначение и номер циклона	Размеры, мм										Площадь сечения входного патрубка $a \times b$, м²	Расход воздуха, м³/ч	Объем, заполняемый при закупорке загрузочного отверстия, м³	Масса, кг
	D	d_1	d_2	H	h_1	h_2	h_3	A	a	b				
К12	1200	554	170	3 780	2120	1360	855	1190	216	186	0,040	2,0 ÷ 2,6	0,9	263
К14	1400	646	220	4 315	2755	1560	950	1410	306	266	0.081	4,1 ÷ 5,2	1,5	363
К16	1600	736	300	4 915	3155	1760	1095	1610	406	306	0,124	6,2 ÷ 8,0	2,1	473
К18	1800	840	350	5 565	3545	2020	1205	1800	456	346	0,158	8,0 ÷ 10,2	2,9	629
К20	2000	924	400	6 150	3890	2260	1330	1990	504	384	0,124	9,8 ÷ 12,6	4,0	1060
К22	2200	994	450	6 895	4155	2740	1340	2200	544	424	0,231	11,6 ÷ 15,0	5,0	1280
К24	2400	1109	480	7 295	4555	2740	1575	2400	604	464	0,280	14,1 ÷ 18,1	7,0	1350
К26	2600	1209	540	8 010	4910	3100	1580	2600	744	524	0.39	19,6 ÷ 25,3	9,1	1830
К30	3000	1394	600	9 170	5780	3390	2007	3000	760	580	0,441	22,2 ÷ 28,6	14,0	2490
К34	3400	1544	680	10 260	6450	3810	2262	3400	854	694	0,593	29,9 ÷ 38,4	20,0	2900

Примечания: 1. Указанный расход воздуха соответствует оптимальным скоростям в сечении входного патрубка в диапазоне 14—18 м/с. 2. Гидравлическое сопротивление определяется по формуле $\Delta P_ц = \zeta_ц \rho_в v_{вх}^2/2$ Па, где коэффициент местного сопротивления циклонов типа К $\zeta_ц = 5$, $\rho_в$ — плотность воздуха, кг/м³; $v_{вх}$ — скорость входа, м/с

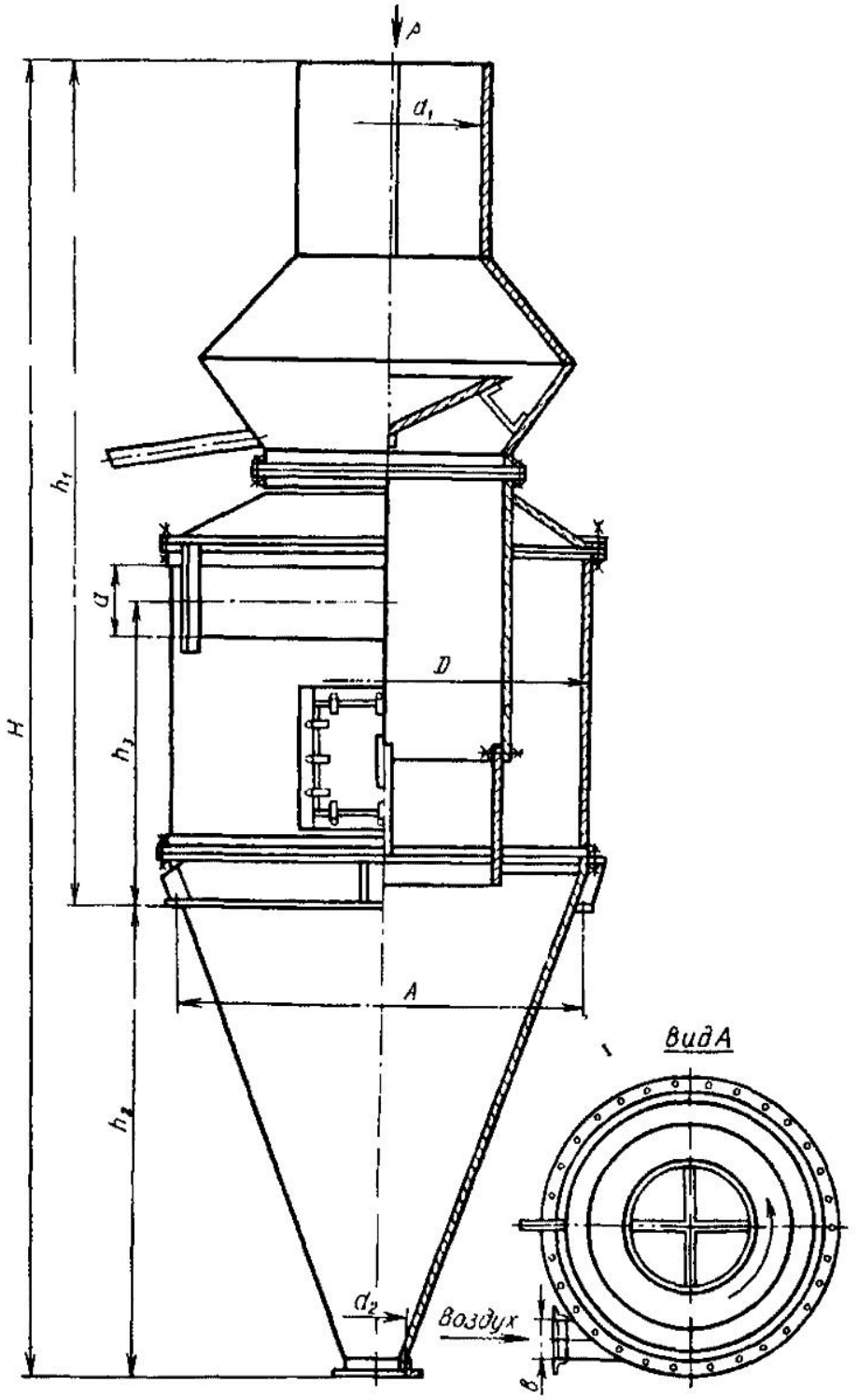


Рис. 3.1. Циклоны типа К

3.2. Дефлекторы

Дефлекторы применяются при выгрузке транспортируемого материала путем выброса его вместе с транспортирующим воздухом и служат для придания материаловоздушному потоку требуемого направления. Такой способ разгрузки пневмотранспортеров допустим, если транспортируемый материал не содержит пыли (разгрузка щепы, спичечных коробок и т п.).

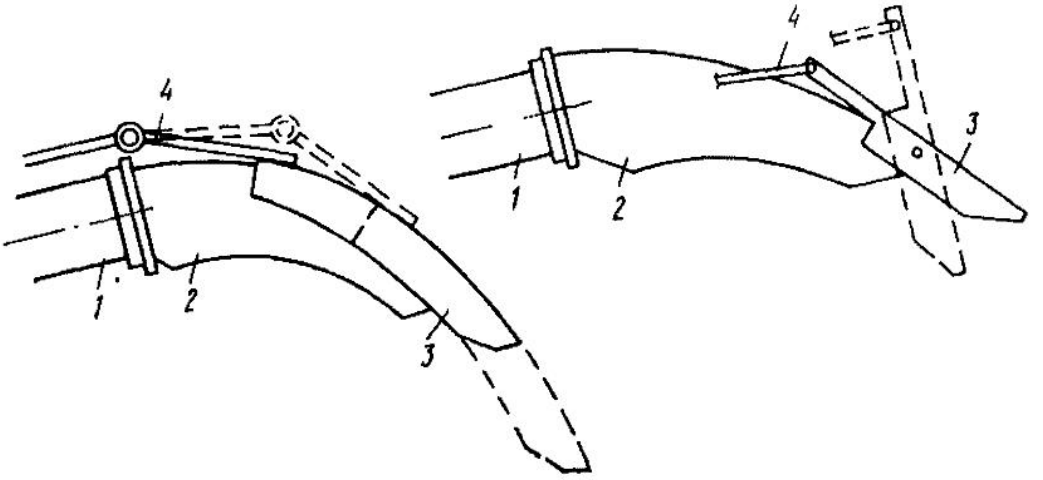


Рис. 3.2. Схемы дефлекторов:

1 — трубопровод пневмотранспортера; *2* — кожух прямоугольного сечения; *3* — направляющий козырек; *4* — тяги

Дефлекторы серийно не изготавливаются; типовые чертежи на их изготовление не разрабатывались. Схемы дефлекторов представлены на рис. 3.2.

4. ТЯГОДУТЬЕВЫЕ МАШИНЫ

В качестве тягодутьевых машин в системах пневматического транспорта применяются вентиляторы и воздуходувки, из серийно выпускаемых — вентиляторы марок ВЦП и ВВД. Широко применяются вентиляторы типа ЦТД и их модификации, разработанные ВНПО «Союзнаучплитпром». Вентиляторы ВЦП и ЦТД позволяют пропускать материаловоздушный поток через себя, т. е. могут устанавливаться между узлом загрузки и узлом разгрузки. Данные об этих вентиляторах приведены в первой части справочника.

Вентиляторы ВВД применяются только в нагнетательных пневмотранспортных системах, так как они не предназначены для перемещения через себя материаловоздушной смеси: максимальная допустимая концентрация твердых частиц согласно паспортным данным заводов-изго-

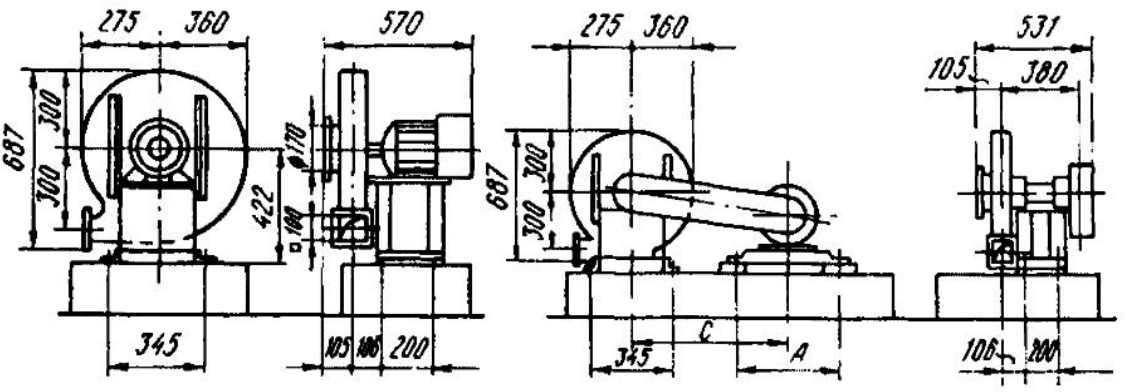


Рис. 4.1. Вентилятор ВВД № 5 по 1-й схеме исполнения

Рис. 4.2 Вентилятор ВВД № 5 по 6-й схеме исполнения

товителей 150 мг/м³ Вентиляторы ВВД № 5 выпускаются на одном валу с электродвигателем (рис. 4.1), но могут быть заказаны и для установок в 6-м исполнении (рис. 4.2 и табл. 4.1). Аэродинамическая характеристика вентилятора ВВД № 5 приведена на рис. 4.3.

Вентиляторы ВВД № 8 (рис. 4.4 и табл. 4.2) и ВВД № 9 (рис. 4.6 и табл. 4.3) выпускаются только в 6-м исполнении. Аэродинамические характеристики приведены соответственно на рис. 4.5 и 4.7.

4.1. Установка вентиляторов ВВД № 5

Исполнение	Электродвигатель			Салазки	А, мм	С, мм	Масса установки, кг
	Тип	Установленная мощность, кВт	Частота вращения, мин$^{-1}$				
1	4А100L2	5,5	2880	—	—	—	94
6	4А90L2	3,0	2840	С2-3	390	730	114
6	4А100S2	4,0	2880	С2-4	455	760	121
6	4А100L2	5,5	2880	С2-4	455	760	127
6	4А112М2	7,5	2890	С2-5	530	750	141
6	4А132М2	11,0	2900	С2-5	530	750	178
6	4А160S2	15,0	2940	С2-6	600	780	215

4.2. Установка вентиляторов ВВД № 8

Электродвигатель			Салазки	А, мм	С, мм	Масса установки, кг
Тип	Установленная мощность, кВт	Частота вращений, мин$^{-1}$				
4А132S4	7,5	1455	С2-5	530	850	299
4А132М4	11,0	1460	С2-5	530	900	315
4А160S4	15,0	1465	С2-6	600	930	357
4А160М4	18,5	1465	С2-6	600	930	382
4А180S4	22,0	1470	С2-7	690	940	397

4.3. Установка вентиляторов ВВД № 9

Электродвигатель			Салазки	А, мм	С, мм	Масса установки, кг
Тип	Установленная мощность, кВт	Частота вращения, мин$^{-1}$				
4А160М4	18,5	1465	С2-6	600	850	401
4А180S4	22,0	1470	С2-7	690	900	416
4А180М4	30,0	1470	С2-7	690	850	436
4А200М4	37,0	1475	С2-8	810	940	511

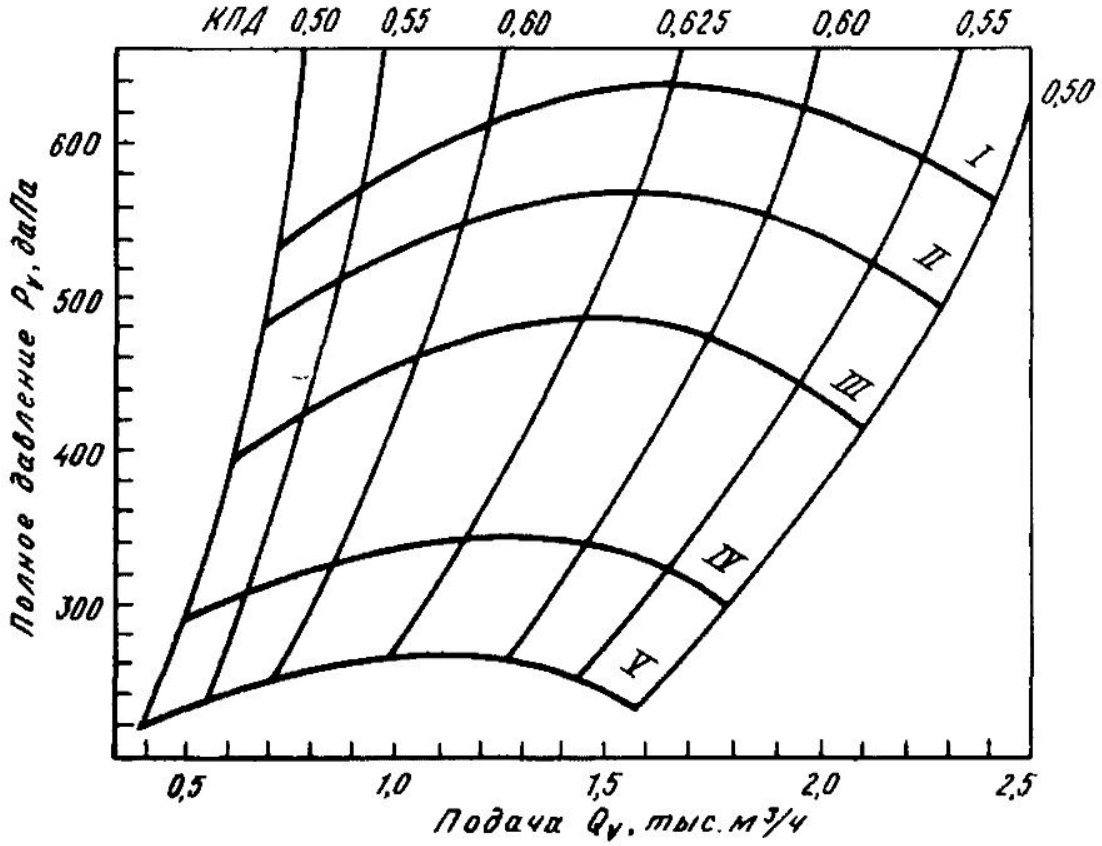


Рис 4.3. Аэродинамическая характеристика вентилятора ВВД № 5. Частота вращения, мин⁻¹:
I — 3080; *II* — 2880; *III* — 2680, *IV* — 2300, *V* — 2000

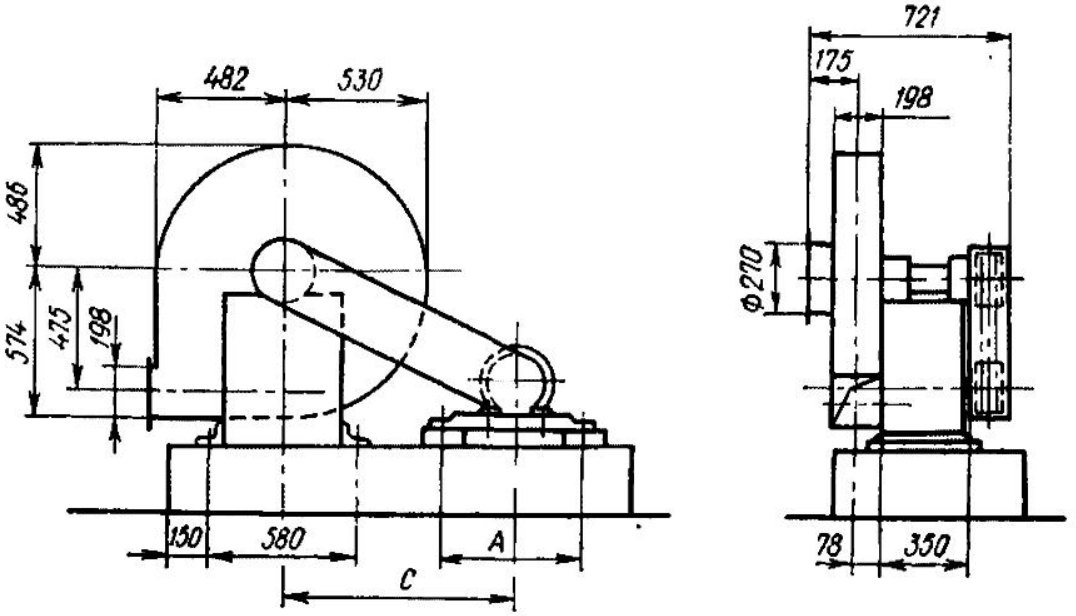


Рис. 4.4. Вентилятор ВВД № 8

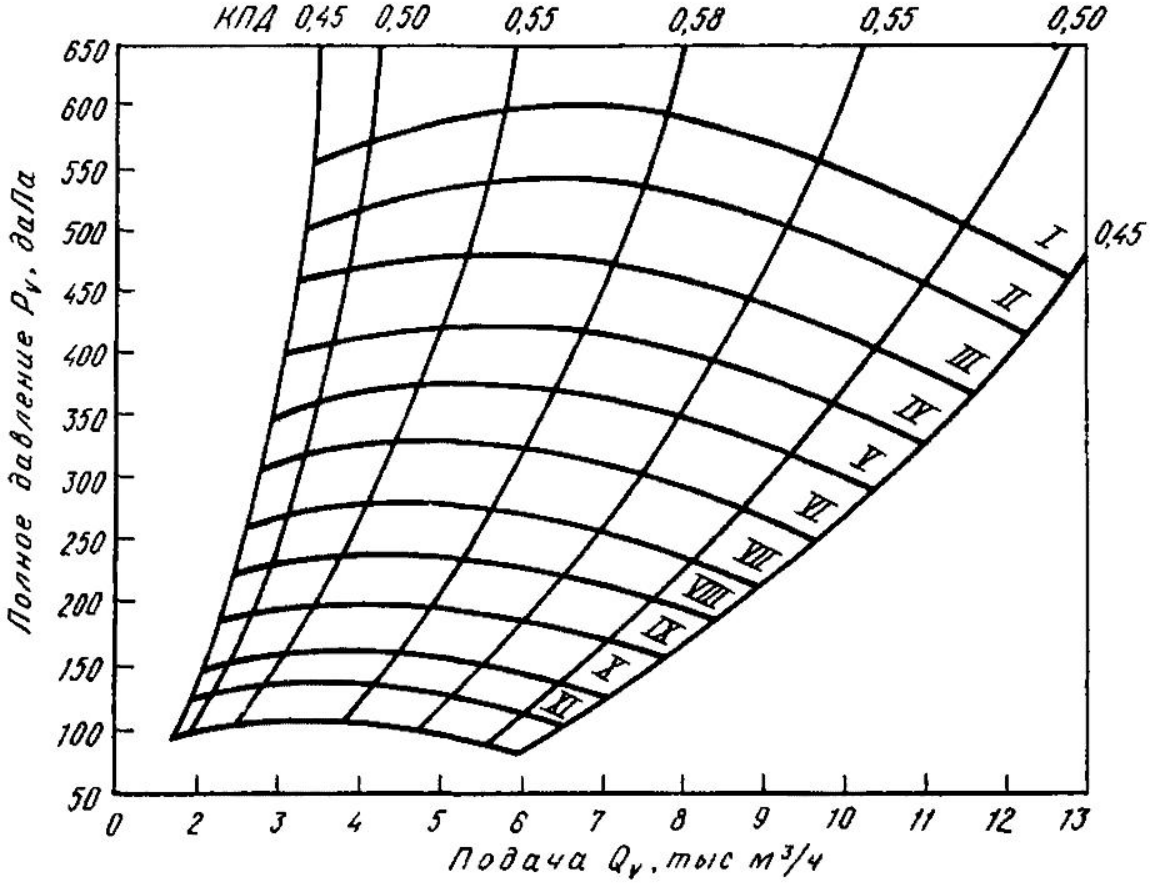


Рис. 4.5. Аэродинамическая характеристика вентилятора ВВД № 8. Частота вращения, мин$^{-1}$:

I — 1900; *II* — 1800, *III* — 1700, *IV* — 1600, *V* — 1500; *VI* — 1400, *VII* — 1300, *VIII* — 1200 *IX* — 1100; *X* — 1000 *XI* — 900

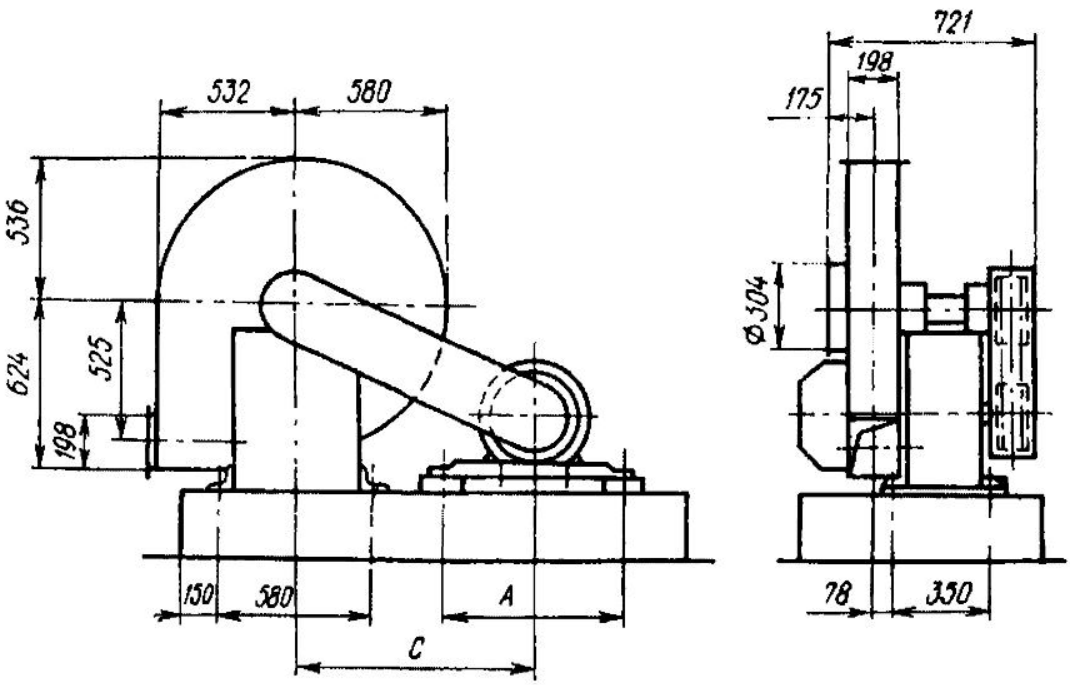


Рис. 4 6. Вентилятор ВВД № 9

4.4. Характеристика воздуходувок завода «Узбекхиммаш»

Тип воздушного турбокомпрессора	Номинальный режим работы при испытании на воздухе по условиям всасывания $P_н = 100$ кПа, $t_н = 293$ К			Комплектующий электродвигатель			Масса агрегата с электродвигателем, кг	Габариты агрегата с электродвигателем, мм		
	Q, м³/мин	P_K, кПа	N, кВт	Тип	N, кВт	Масса, кг		длина	ширина	высота
ТВ-42-1, 4М-01	60	140	53	4А225М2	55	355	3755	2520	1550	1480
ТВ-50-1,6М-01	60	160	83	4АН250S2У3	110	465	4375	2680	1550	1480
ТВ-80-1,2М-01	100	120	46,5	4А225М2	55	355	2740	2170	1550	1480
ТВ-80-1,4М-01	100	142	87	4АН250S2У3	110	465	3970	2700	1550	1480
ТВ-80-1,6М-01	100	163	130	4АН280S2У3	160	715	4735	2780	1550	1480
ТВ-80-1,8М-01	100	180	152	4АН280М2У3	200	825	5535	3090	1550	1530
ТВ-100-1,12М-01	100	112	28	4А200М2УПУ3	37	255	1230	1805	1290	1440
ТВ-175-1,6М-01	167	163	204	4АН315М2У3	250	940	5590	3040	1685	1635
ТВ-200-1,12М-01И1	200	114	57,5	4А250S2УП	75	470	1850	2055	1425	1465
ТВ-200-1,12М-01И2	200	114	57,5	4А225М2	55	355	1585	1845	1425	1465
ТВ-200-1,4М-01	200	140	167	4АН280М2У3	200	825	4375	2700	1685	1575
ТВ-300-1,6М-02	300	160	340	А114-2	400	2080	8180	3755	1890	1740

Примечание. Возможна замена двигателя А114-2 на ВАО2-450LВ2 ($N = 400$ кВт.).

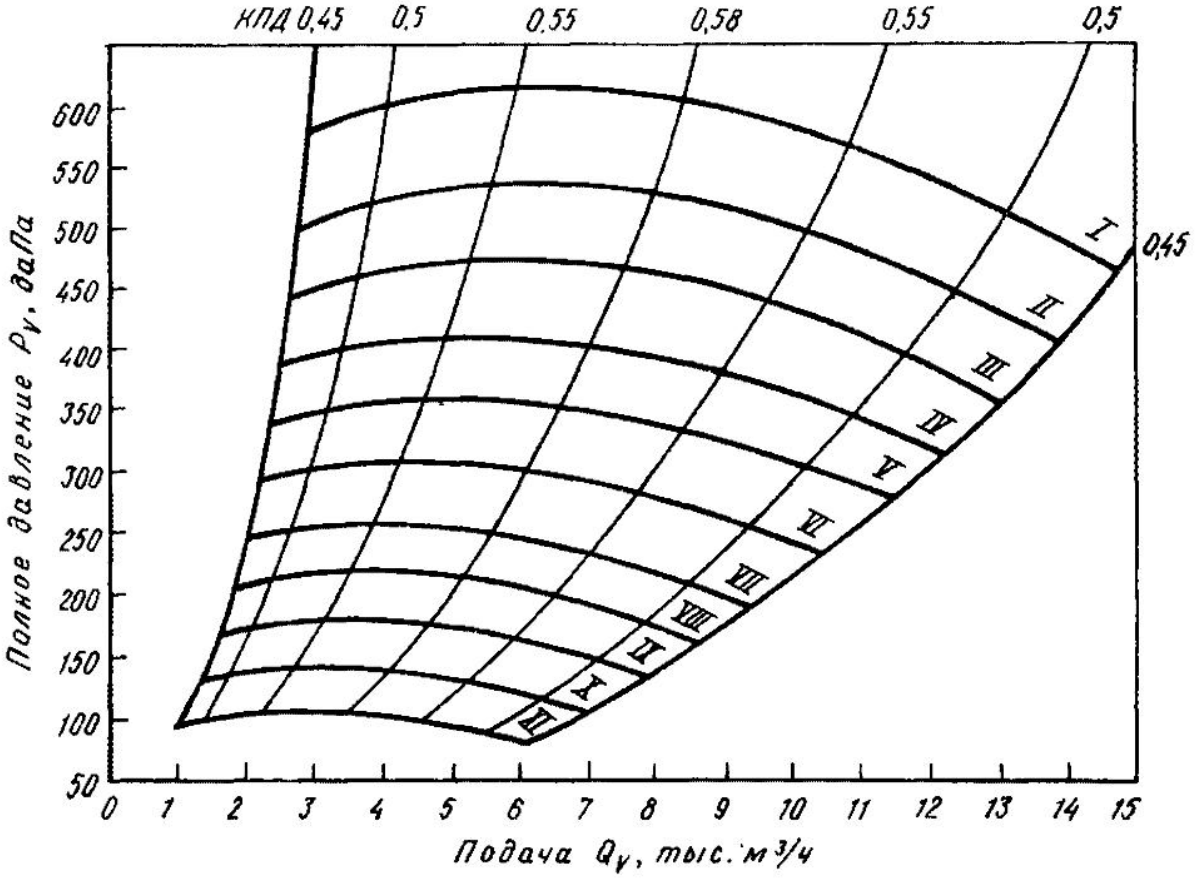


Рис. 4.7. Аэродинамическая характеристика вентилятора ВВД № 9. Частота вращения, мин$^{-1}$:
I — 1700; *II* — 1600; *III* — 1500; *IV* — 1400; *V* — 1300; *VI* — 1200; *VII* — 1000, *VIII* — 1000; *IX* — 900; *X* — 800; *XI* — 700

В системах пневмотранспорта с суммарной расчетной величиной потерь давления, превышающей полное давление, развиваемое вентиляторами, применяются воздуходувки. Наибольшее распространение получили турбовоздуходувки марки ТВ завода «Узбекхиммаш» (табл. 4.4). При выборе тягодутьевых машин необходимо уточнять по данным заводов-изготовителей их номенклатуру на соответствующий год.

5. ТРУБОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Трубопроводные сети служат для транспортировки по ним материала, взвешенного в воздушном потоке, и для возврата чистого воздуха от циклонов-разгрузителей к узлу загрузки материала. Трубопроводные сети состоят из прямых участков, отводов или колен, тройников, переключателей потоков, компенсаторов, контрольных лючков.

В системах пневмотранспорта с расходной весовой концентрацией материала μ до 0,5 кг на 1 кг воздуха применяются сварные воздуховоды из тонколистовой стали, изготавливаемые по нормали на воздуховоды для систем аспирации. Толщина стали принимается в соответствии с табл. 6.9 (часть 1). При значениях μ выше 0,5 в системах с максимальным давлением до 1000 даПа применяют сварные воздуховоды

с толщиной стенки 3 мм. В системах с давлением свыше 1000 даПа применяются трубы стальные электросварные прямошовные и со спиральным швом.

Технические данные труб в рекомендуемом диапазоне диаметров приведены в табл. 5.1 и 5.2.

5.1. Трубы стальные электросварные прямошовные по ГОСТ 10704—76

Наружный диаметр, мм	Линейная плотность труб, кг/м, при толщине стенки, мм				
	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0
219	23,80	26,39	28,96	31,52	36,60
245	26,69	29,59	32,49	35,37	41,09
273	—	—	—	39,51	45,92
299	—	—	—	43,36	50,41
325	—	—	—	47,20	54,90
351	—	—	—	—	59,39
377	—	—	—	—	63,87
402	—	—	—	—	68,19
426	—	—	—	—	72,33
480	—	58,47	64,36	70,14	81,65
530	—	—	—	—	90,28
630	—	—	—	—	107,55

Продолжение

Наружный диаметр, мм	Линейная плотность труб, кг/м, при толщине стенки, мм				
	8,0	9,0	10,0	11,0	12
219	41,60	46,61	—	—	—
245	46,76	52,38	—	—	—
273	52,28	58,60	—	—	—
299	57,41	64,37	—	—	—
325	62,54	70,14	—	—	—
351	67,67	75,91	84,10	—	—
377	72,80	81,68	90,51	—	—
402	77,73	87,28	96,67	106,07	115,48
426	82,47	92,56	102,59	112,58	122,52
480	92,12	104,54	115,91	127,23	138,50
530	102,99	115,64	128,24	140,79	153,30
630	122,72	137,83	152,90	167,92	182,89

Отводы выполняются сварными сегментными для трубопроводов из листовой стали, т. е. в системах с невысокими значениями расходной концентрации материала и давления воздуха.

Для трубопроводов из электросварных или других труб, т. е. в системах с повышенными значениями концентрации и давления, применяют гнутые отводы, сварные сегментные из тех же труб, что и прямые участки, а также отводы сварные квадратного сечения с утолщенной стен-

кой по внешней дуге. Схема такого отвода приведена на рис 5 1 Соотношения размеров рекомендованы Ленинградской ЛТА им С. М. Кирова

$$a = \sqrt{\frac{\pi d_{вн}^2}{4}}\ ;\ C = 1{,}5 d_{вн}.$$

Крутизна отводов рекомендуется различная для различных условий для сварных воздуховодов R/d — не менее 2, для труб R/d — не менее 5.

Тройники служат для слияния и для разделения потоков материаловоздушной смеси и рециркуляционного воздуха в системах с применением вентиляторов в качестве тягодутьевых машин, а воздуховодов — в качестве трубопроводов Такие тройники изготавливают по нормали на воздуховоды для аспирационных систем Тройники и гребенки для циклонов изготавливают также прямоугольного сечения по индивидуальным чертежам, разрабатываемым в составе рабочей документации на строительство пневмотранспорта Характерные случаи применения этих элементов трубопроводной сети приведены на рис. 5.2.

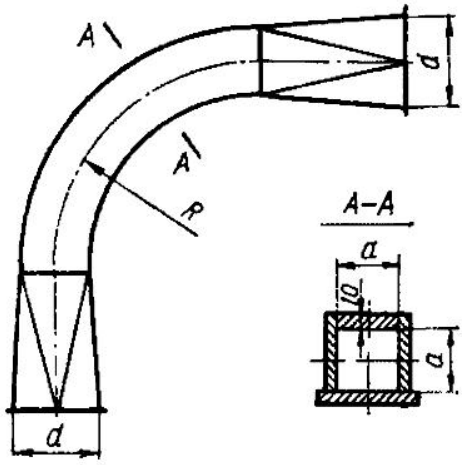


Рис 5 1. Колено

Переключатели потока — это специальные устройства с ручным или электрическим приводом, обеспечивающие возможность поочередного соединения в одной точке сети одного участка трубопровода с двумя или несколькими смежными с ним и параллельными между собой участками

Для этой же цели применяются тройники с перекидным клапаном, работающим автоматически под воздействием давления потока воздуха. Эти устройства не изготавливаются серийно, не нормализованы и на них от-

5.2. Трубы стальные электросварные со спиральным швом

Наружный диаметр, мм	Линейная плотность труб, кг/м, при толщине стенки, мм						
	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
219	21,53	26,70	—	—	—	—	—
273	—	33,54	—	·	—	—	—
325	—	40,05	47,91	·	—	—	—
377	—	—	55,71	—	—	—	—
426	—	—	—	73,41	83,70	—	—
480	—	—	—	82,87	94,51	—	—
530	52,66	65,70	78,69	91,63	104,5	117,4	—
630	—	78,22	93,71	109,1	124,5	139,9	155,2

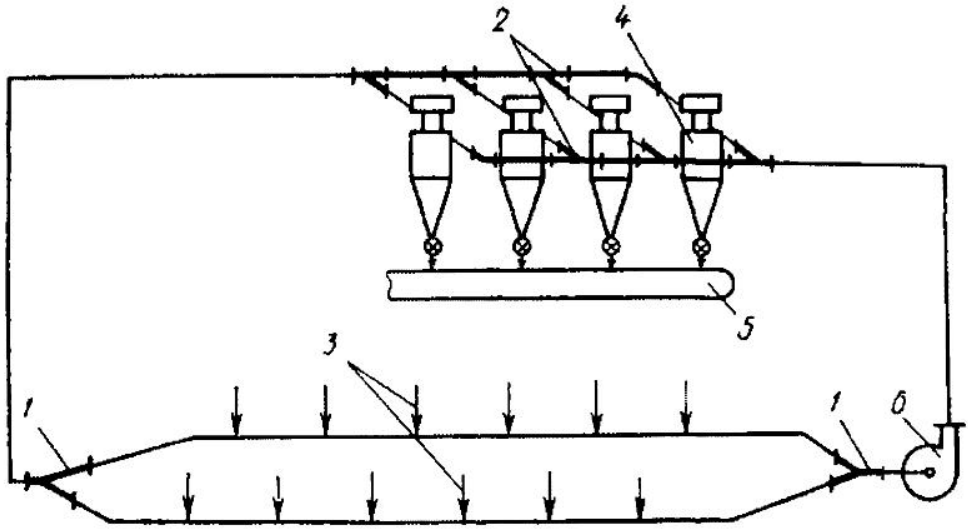


Рис. 5.2. Схема пневмотранспортной системы:
тройники 1 — нормализованные круглого сечения; 2 — прямоугольного сечения; 3 — узлы загрузки материала. 4 — циклоны-разгрузители; 5 - конвейер; 6 — вентилятор

сутствует типовая документация Для каждого конкретного случая переключатели изготавливают как нестандартизированное оборудование по индивидуальным чертежам.

Компенсаторы применяются для предохранения трубопроводов от разрушения под воздействием усилий, возникающих в них вследствие линейного расширения и сжатия при нагревании летом и охлаждении зимой Чаще всего роль компенсаторов играют отводы На участках, длина которых превышает 100 м, устанавливают сальниковые компенсаторы между неподвижными опорами.

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Цель и порядок проектирования систем пневмотранспорта и систем аспирации аналогичны (часть I, гл 6). При проектировании пневмотранспорта на деревообрабатывающих предприятиях решаются следующие основные задачи: получение исходных данных, выбор трассы и принципиальных конструктивных решений, гидравлический расчет.

6.1. Исходные данные

Ниже рассмотрены исходные данные, которые необходимы для проектирования систем пневмотранспорта:

технологическое назначение пневмотранспортера;

характеристика транспортируемого материала;

расчетная производительность пневмотранспортера;

генплан территории предприятия или технологический план производства;

монтажные чертежи технологического оборудования в точках загрузки и выгрузки транспортируемого материала.

6.1.1. Технологическое назначение пневмотранспортных систем

Пневмотранспорт на деревообрабатывающих предприятиях — звено в неразрывной технологической цепочке, поэтому назначение каждой пневмотранспортной системы определяется технологической схемой того или иного производства, т е. в технологической части проектов В этом отношении можно разделить системы пневмотранспорта на две группы: межцеховые пневмотранспортеры и внутрицеховые пневмотранспортеры. Первые — средство транспортной связи между различными производствами одного промышленного предприятия, например: пневмотранспортер отходов производства фанеры в производство древесностружечных плит, пневмотранспортер отходов мебельного производства в цех изготовления топливных брикетов и т. д. Вторые — средство транспортных связей между отдельными технологическими операциями внутри одного производства, например: пневмотранспортер щепы со склада щепы в отделение изготовления стружки, пневмотранспортер сырой стружки из стружечного отделения в сушильно-сортировочное отделение (применяются в производстве древесностружечных плит); пневмотранспортер спичечной соломки из рубительного отделения в отделение пропитки, пневмотранспортер спичечной соломки от сушильной камеры в расходный бункер и т. д. (в производстве спичек).

6.1.2. Характеристика транспортируемого материала

Эта группа исходных данных должна содержать сведения о наименовании транспортируемого материала, его влажности, содержании в нем пыли, о величине объемной массы, коэффициента полнодревесности и т. п. Некоторые усредненные значения характеристик древесных материалов, используемые при проектировании пневмотранспорта, приведены в табл. 6.1 и 6.2.

6.1. Объемная масса древесины различных пород

Порода	Объемная масса древесины $\gamma_{пл}$, кг/м³ плотной древесины при влажности W, %					
	10	20	30	40	50	60
1	2	3	4	5	6	7
Лиственница	660	690	710	770	820	880
Береза	640	660	690	740	800	850
Осина	490	510	540	580	620	660
Сосна	500	520	550	590	640	680
Ель	440	460	590	520	560	600

Порода	Объемная масса древесины $\gamma_{пл}$, кг/м³ плотной древесины при влажности W, %					
	70	80	90	100	110	120
1	8	9	10	11	12	13
Лиственница	930	990	1040	1100	1150	1210
Береза	900	960	1010	1060	1110	1160
Осина	710	750	790	830	870	910
Сосна	720	760	810	850	890	930
Ель	640	670	710	750	790	820

Примечание. Величина объемной массы (плотности) древесностружечных плит определена ГОСТ 10632—77 и при влажности 8±2 % для плит марки П-1 составляет 650—800; марки П2 — 550—750; марки П-3 — 750—850 кг/м³ плотной древесины.

6.2. Объемная масса и полнодревесность измельченных древесных материалов

Наименование древесных материалов	Влажность W, %	Объемная масса $\gamma_{нас}$, кг/нас. м³	Коэффициент полнодревесности $K_v = \gamma_{нас}/\gamma_{пл}$
Щепа технологическая хвойных пород	70 100 120	260 300 360	0,4
Стружка в производство ДСП от станков типа ДС-6	80 4	150—200 80—120	0,25
То же от станков типа ДС-5 и ДС-7	80 4	110—150 80—120	0,2
То же, измельченная в мельницах	80 4	130—140 80—120	0,22
Микростружка	4	120—180	0,34
Древесное волокно сухое	—	30—40	0,08
Пыль шлифовальная	—	150—200	0,25
Стружка станочная — отходы механической обработки	18 10	110 80	0,2
Опилки от лесопиления	80 4	150—200 100—120	0,22

Примечание: Данные таблицы относятся к неутрамбованным материалам.

6.1.3. Расчетная производительность пневмотранспортеров

Величина расчетной производительности может быть задана технологией производства или выбираться в процессе проектирования систем пневматического транспорта. Для определения расчетной производитель-

ности пневмотранспортеров необходимо знать производительность технологического оборудования, вырабатывающего материал, загружаемый в пневмотранспортеры. При непосредственной загрузке пневмотранспортеров из рубительных машин, стружечных станков, сортировок и т д. за расчетную часовую производительность систем пневмотранспорта следует принимать величину максимальной паспортной производительности технологического оборудования, за исключением тех случаев, когда максимальная производительность этого оборудования ограничена возможностями загрузки.

Пример. На сортировку щепы СЩ-120, паспортная производительность которой 160 нас · м³/ч, щепа подается механическим транспортером, рассчитанным на максимальную нагрузку 100 нас · м³/ч, тогда суммарная расчетная производительность пневмотранспортеров, загружаемых всей рассортированной щепой из этой сортировки, должна быть равна 100 нас · м³/ч Распределение этого количества на потоки определяется технологами и задается также в составе исходных данных для проектирования пневмотранспорта.

Если технологической схемой предусмотрена транспортировка измельченного материала одним пневмотранспортером от нескольких единиц технологического оборудования, работающих и одновременно и поочередно, т е. количество вырабатываемого материала колеблется в значительных пределах, то между этим оборудованием и пневмотранспортером должна быть предусмотрена в схеме технологического процесса буферная емкость, гасящая эти колебания, с дозированной выдачей из нее материала в пневмотранспортер.

Для определения расчетной производительности пневмотранспортеров, загружаемых на станциях сухих пылеуловителей непосредственно из циклонов или фильтров аспирационных систем, исходной является величина годового выхода измельченных отходов $V_{отх}$ м³ плотной древесины, определяемая технологами из годового баланса сырья и материалов. В этих случаях расчетная часовая производительность пневмотранспортера $G_м$ определяется по формуле, кг/ч

$$G_м = \frac{1{,}15 \cdot V_{отх} \gamma_м}{n}, \qquad (6.1)$$

где $V_{отх}$ — выход измельченных отходов по годовому балансу сырья и материалов, м³ плотной древесины/год; $\gamma_м$ — средняя объемная масса материала, кг/м³ плотной древесины; n — число часов работы в году технологического оборудования; 1,15 — коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки технологического оборудования. При определении размеров емкости для сбора и кратковременного хранения уловленного продукта этот коэффициент следует принимать равным единице.

6.1.4. Прочие исходные данные

Для проектирования межцеховых систем пневмотранспорта в составе исходных данных необходимо иметь генплан или топографическую съемку территории предприятия, а также архитектурно-строительные чертежи

зданий и сооружений, с которыми соприкасаются элементы систем пневмотранспорта. Для проектирования внутрицеховых технологических пневмотранспортеров требуются технологические планы производства с указанием на них точек загрузки материала в пневмотранспортеры и выгрузки материала из пневмотранспортеров, а также архитектурно-строительные чертежи (планы, разрезы) производственных зданий, в которых размещено технологическое оборудование.

Монтажные чертежи технологического оборудования, из которого производится загрузка пневмотранспортеров материалом и в которое материал выгружается из пневмотранспортеров, требуются для разработки узлов загрузки и выгрузки систем пневмотранспорта

6.2. Выбор трассы и принципиальных конструктивных решений

Выбор трассы трубопроводов систем пневмотранспорта осуществляется в соответствии с технологической схемой транспортирования материала, схемой генплана, архитектурно-компоновочными решениями и с учетом других сетей и коммуникаций. При этом в целях повышения надежности и экономичности проектируемой системы пневмотранспорта при выборе трассы следует стремиться к соблюдению следующих условий:

минимальная протяженность;

минимальное число поворотов в горизонтальной и вертикальной плоскости на 90°;

наличие после колен, питателей, переключателей прямых участков длиной не менее 10 м;

максимальное совмещение трасс межцехового пневмотранспорта с трассами других межцеховых коммуникаций;

максимальное использование существующих зданий и сооружений в качестве несущих конструкций для сетей пневмотранспорта.

Принципиальные конструктивные решения при проектировании пневмотранспортеров принимаются на основании конкретных исходных данных. Однако пневмотранспортеры определенного назначения характеризуются сходством основных исходных условий (несмотря на многочисленные различия в частностях) и вследствие этого — сходством принципиальных конструктивных решений.

Пневмотранспортеры отходов. Транспортировка измельченных отходов механической обработки древесных материалов предусматривается, как правило, от пылеулавливающего оборудования аспирационных систем в сборные бункеры. Такие пневмотранспортеры, как правило, выполняют по схеме с рециркуляцией воздуха, что полностью исключает выбросы в атмосферу отработанного воздуха (см. рис. 5.2). Связанные с рециркуляцией «дополнительные» капитальные и эксплуатационные затраты в действительности таковыми не являются — это затраты на охрану атмосферы от загрязнения. Другие конструктивные решения вытекают из схемы с рециркуляцией (применение радиальных вентиляторов, разгрузка циклонов при помощи шлюзовых питателей). Выпускаемые

серийно шлюзовые питатели в таких системах теряют со временем свои герметизирующие свойства. При эксплуатации необходимо особое внимание уделять контролю за герметичностью питателей и своевременно ремонтировать их при стирании лопастей. Узлы загрузки этих пневмотранспортеров могут находиться по отношению к тягодутьевой машине как на стороне всасывания, так и на стороне нагнетания, хотя предпочтительнее — первое

Кусковые отходы деревообрабатывающих производств, перерабатываемые в щепу (дробленку), транспортируются к месту сбора, как правило, с помощью пневматического транспорта. Принципиальные конструктивные решения пневмотранспортеров определяются в первую очередь типом рубительных машин. Дробилки, обладающие пневмоэффектом, т. е. эффектом вентилятора, либо имеют в комплекте поставки транспортные каналы и циклоны-разгрузители, либо требуют конструирования пневмотранспортеров, которые загружаются непосредственно из дробилок.

Принципиальной особенностью конструкции таких систем является то, что проектируемая тягодутьевая машина и дробилка работают как два последовательно установленных вентилятора в одной сети, причем дробилка находится на всасывающей стороне вентилятора В паспорте дробилки помимо ее основных характеристик должны быть указаны объем вырабатываемого дробилкой воздуха и создаваемое ею давление или дальность транспортировки материала при определенной высоте подъема трассы без дополнительных побудителей тяги.

Пневмотранспортеры в производстве древесностружечных плит. Принципиальные конструктивные решения пневмотранспортеров определяются двумя главными моментами: технологическими требованиями и конструктивными особенностями технологического оборудования, с которым увязаны пневмотранспортеры В отделениях изготовления щепы и изготовления стружки, где транспортируются сырые измельченные древесные материалы, допустимы прямоточные пневмотранспортеры.

Пневматическое транспортирование стружки в сушильно-сортировочных отделениях, расположенных на открытых площадках, в целях сохранения влажности стружки, достигнутой после сушки, рекомендуется осуществлять рециркуляционными системами. Рециркуляционная схема пневмотранспортеров сухой стружки обеспечивает также наиболее экономичный способ охраны атмосферного воздуха от загрязнения выбросами пыли.

Пневмотранспортеры в производстве спичек. Характерной технологической особенностью пневмотранспортеров спичечной соломки, внутренних и наружных коробок является то, что транспортируемые с их помощью материалы в случае прохода их через вентиляторы и шлюзовые питатели теряют свои товарные качества. Поэтому принципиальная конструктивная особенность этих пневмотранспортеров — нагнетательная схема и применение эжекционных воронок в качестве загрузочных устройств.

Пневмотранспортеры коробок имеют еще две конструктивные особенности колена трубопроводов рекомендуется выполнять только прямо-

угольного сечения; разгрузочными устройствами являются дефлекторы с выпуском воздуха в помещение, где расположены емкости для коробок.

Конструирование эжекционных воронок (рис. 6.1) производится индивидуально для каждой конкретной системы пневмотранспорта; исходная величина для расчета эжекционной воронки — сумма потерь давления в системе $\Sigma \Delta p$ от воронки до конечной точки системы, подсчитанная по расходу воздуха $Q_Б$, равному расходу в сечении *Б—Б*.

Расчет воронки сводится к определению размеров сечений *А—А* и *Б—Б* по следующей схеме:

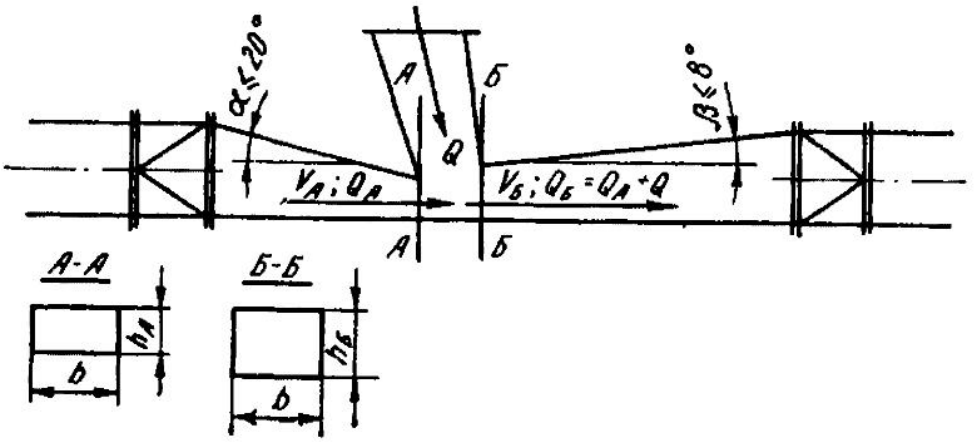


Рис. 6.1. Схема к расчету эжекционной воронки

1. Задаются коэффициентом подсоса воздуха через воронку *K*, т. е. отношением $Q_Б / Q_А$. Его принимают в пределах 1,05—1,15. Коэффициент полезного действия воронки η изменяется обратно пропорционально величине коэффициента подсоса и принимается в пределах от 0,8 до 0,7.

2. Определяют полное давление в сечении А по формуле

$$H_А = \frac{H_Б}{\eta} K, \tag{6.2}$$

где $H_Б$ — полное давление в сечении *Б—Б*, равное $\Sigma \Delta p$.

3. Определяют значения скорости в сечениях *А—А* и *Б—Б*, м/с:

$$v_А = \sqrt{\frac{2H_А}{\rho}}; \quad (6.3) \qquad v_Б = \sqrt{\frac{2H_Б}{\rho}}, \quad (6.4)$$

где ρ — плотность воздуха, кг/м³.

4. Задаются размером *b*, общим для сечения *А—А* и *Б—Б*, и определяют значения $h_А$ и $h_Б$, м, по формулам:

$$h_Б = \frac{Q_Б}{v_Б}; \tag{6.5}$$

$$h_А = \frac{Q_А}{v_А b} = \frac{Q_Б}{K_А b}. \tag{6.6}$$

Размер воронки *b* рекомендуется принимать в пределах 0,65 *d*—

0,85 d, а расстояние между сечениями $A-A$ и $Б-Б$ принимается равным от 0,8 b до 1,2 b. В конструкции воронок обычно предусматриваются приспособления шиберного типа, с помощью которых в процессе эксплуатации возможна переналадка режимов путем изменения размеров $h_А$ и $h_Б$.

6.3. Гидравлический расчет

Цель гидравлического расчета — определить диаметр трубопровода и подобрать тягодутьевую машину. В практике проектирования систем пневматического транспорта измельченных древесных материалов принято гидравлический расчет систем с суммарными потерями давления до 1000 даПа выполнять без учета изменения плотности воздуха по трассе, а свыше 1000 даПа — с учетом Первые принято называть низконапорными, а вторые — высоконапорными.

6.3.1. Расчет низконапорных систем пневмотранспорта

Расчет этих систем производится, как правило, по следующей схеме.

1. Задаются ориентировочной величиной расходной массовой концентрации μ. Четкой методики выбора величины μ в настоящее время нет: она зависит от исходных данных и намеченных принципиальных конструктивных решений Следует, однако, иметь в виду, что чем выше значение расходной массовой концентрации, тем выше транспортный КПД системы. Для низконапорных пневмотранспортных систем μ обычно не превышает 1,5 Реальные условия могут диктовать выбор величины расходной массовой концентрации, значительно меньшей этого значения.

2 По заданной величине расчетной производительности G, кг/ч, и принятому значению μ определяют необходимый расход воздуха пневмотранспортной системы Q, м³/ч, по формуле

$$Q = \frac{G}{\mu \rho_в}, \tag{6.7}$$

где $\rho_в$ — плотность воздуха по условиям всасывания.

Для инженерных расчетов принимается плотность воздуха при температуре Т-293 К и барометрическом давлении 10333 даПа, равная 1,20 кг/м³.

3. По методике [18] определяется оптимальная скорость воздуха $v_{опт}$, м/с, в транспортном трубопроводе. Эта скорость для воздуха с плотностью $\rho_в = 1{,}2$ кг/м³ вычисляется по формуле

$$v_{опт} = 1{,}1\left(4\mu \frac{v_в}{v_м} + 0{,}01\gamma_м + b\right), \tag{6.8}$$

где $v_в/v_м$ — осредненное опытное значение относительной скорости воздуха, или коэффициент опережения воздушного потока (принимается по табл. 6.3); $\gamma_м$ — объемная масса материала транспортируемых частиц,

кг/м³, плотной древесины; b — эмпирическая величина, зависящая от размеров и формы транспортируемых частиц (принимается по табл. 6.3).

4 Определяется диаметр транспортного трубопровода, для чего сначала рассчитывается теоретический диаметр $d_т$, м, по формуле

$$d_т = 1{,}88 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{Q}{v_{опт}}}, \qquad (6.9)$$

а затем принимается либо воздуховод по табл. 3.1 части первой, либо труба по табл. 5.1 или 5.2 части второй с внутренним диаметром d, ближайшим меньшим к $d_т$.

6.3. Значения эмпирических величин параметров движения аэросмеси в формуле (6.8) для определения оптимальной скорости воздуха

Транспортируемый материал	Параметр b	Параметр $v_в/v_м$
Опилки:		
мелкие	7	1,11
крупные	8	1,18
Стружка:		
мелкая	9	1,18
крупная	10	1,25
Сортированная технологическая щепа	11	1,43
Несортированная щепа, дробленка	13	1,67

Примечание. Значения $v_в/v_м$ в табл. 6.3 справедливы при значениях $\mu \leqslant 2{,}0$. Скорость воздуха принимается равной $v_{опт}$ из формулы (6.8), но не менее 20 м/с.

5. Определяют расчетную величину скорости воздуха $v_в$, м/с, с учетом принятого диаметра d по формуле

$$v_в = 3{,}54 \cdot 10^{-4} \frac{Q}{d^2}. \qquad (6.10)$$

Диаметр участков трубопроводной сети, которые предназначены для движения чистого воздуха (без транспортируемого материала) и на которых скорость воздушного потока не имеет практического значения, принимается большим, чем на транспортных участках, как правило, на 1—2 калибра Строго говоря, этот диаметр должен определяться технико-экономическими соображениями. Расчетная скорость воздуха на этих участках определяется по формуле (6.10).

6. Определяют сумму потерь давления в системе пневмотранспорта $\Sigma\Delta p$. В общем случае сумма потерь давления выражается формулой

$$\Sigma\Delta p = \Delta p_{тр} + \Delta p_{пов} + \Delta p_{м.\,с} + \Delta p_{разг} + \Delta p_{под} + \Delta p_{выгр}. \qquad (6.11)$$

На основании исходных данных и принятых конструктивных решений выполняются расчеты по определению величины каждого из слагаемых первой части формулы (6.11).

Потери давления в прямых участках трубопроводов — $\Delta p_{тр}$. Трубопроводы одной системы пневмотранспорта могут состоять из участков, отличающихся друг от друга аэродинамическими (гидравлическими) условиями, поэтому величина $\Delta p_{тр}$ может определяться как сумма потерь давления, рассчитываемых по отдельности для каждого из таких участков. В системах пневмотранспорта, работающих по рециркуляционной схеме, такими участками являются транспортный и обратный участки трубопровода. В системах пневмотранспорта, работающих по прямоточной схеме, могут быть достаточно протяженные участки, по которым подводится чистый воздух к узлу загрузки материала и в которых аэродинамические условия также отличаются от условий в транспортном участке трубопроводной сети

Потери давления в прямых участках трубопровода (горизонтальных и вертикальных) рассчитываются по формуле, Па

$$\Delta p_{тр} = \rho_в \frac{v_в^2}{2} l \frac{0,11}{d} \left(\frac{K_э}{d} + \frac{68}{\mathrm{Re}} \right)^{0,25} (1 + K\mu), \qquad (6.12)$$

где l — суммарная длина прямых участков трубопровода одного диаметра, м; d — внутренний диаметр трубопровода, м; $\rho_в$ — плотность воздуха, кг/м³; $v_в$ — скорость воздуха, м/с; $K_э$ — абсолютная эквивалентная шероховатость поверхности трубопровода, м; Re — число Рейнольдса, μ — расходная массовая концентрация, K — комплексный коэффициент, учитывающий наличие в трубопроводе транспортируемого материала.

В случаях, когда в качестве трубопроводов принимаются сварные воздуховоды из тонколистовой стали, можно определять потери давления в прямых участках трубопроводов по формуле

$$\Delta p_{тр} = l \Delta p l (1 + K\mu), \qquad (6.13)$$

где Δp_l — потеря давления на трение на 1 м длины воздуховода при движении чистого воздуха с плотностью 1,2 кг/м³ (принимается по табл. 6.10 части первой).

Число Рейнольдса для воздуха с плотностью $\rho = 1,2$ кг/м³ вычисляется по формуле

$$\mathrm{Re} = \frac{v_в d \cdot 10^6}{14,9}. \qquad (6.14)$$

Абсолютная эквивалентная шероховатость труб $K_э$, по данным [7], составляет, мм:

цельносварные стальные в зависимости от состояния . .	0,04—0,15
оцинкованные стальные	0,10—0,15
оцинкованные из листовой стали	0,15—0,18
стеклянные	0,0015—0,01

Комплексный коэффициент K, учитывающий движение материала по трубопроводу, для трасс, на которых наиболее вероятно винтовое движение аэросмеси из-за частых поворотов трассы в плане и по высоте, следует принимать равным 1,4. Для трасс с протяженными прямыми участками (с относительно небольшим числом поворотов), по данным

исследований Ленинградской ЛТА им. С. М. Кирова и ЦНИИМЭ, величину K определяют по формуле

$$K = K_т \sqrt{\frac{d}{0,3}}, \tag{6.15}$$

где d — диаметр рассчитываемого трубопровода, м; $K_т$ — значение K в зависимости от вида материала:

Опилки	0,82
Стружка	0,78
Технологическая щепа	0,7
Измельченная кора	0,8

По данным исследований [1], при транспортировке технологической щепы со скоростями движения воздуха $v_в$ от 24 м/с до 30 м/с коэффициент K для горизонтальных участков имеет величину, определяемую формулой

$$K = \frac{\mu}{1,5 + [(6,4 - 0,193v_в) - (16 - 0,52v_в)]\,\mu}; \tag{6.16}$$

при скоростях от 30 м/с до 50 м/с — формулой

$$K = \frac{\mu}{(0,04v_в + 0,5) + (0,209v_в - 5)\,d\mu}; \tag{6.17}$$

при движении щепы в вертикальном трубопроводе для всего диапазона скоростей K определяется формулой

$$K = \frac{\mu}{0,1 + 0,9\mu}. \tag{6.18}$$

Потери давления при поворотах трассы — $\Delta p_{пов}$. Потери энергии материаловоздушного потока на поворотах складываются, говоря упрощенно, из потерь на изменение направления движения потока и потерь на разгон материала за коленом, т. к. скорость его в колене резко падает. В каждом конкретном случае из-за определенных параметров транспортируемого материала, конструкции колена, расходной концентрации, угла поворота, крутизны колена, ориентации потока в пространстве и пр. нельзя достаточно точно рассчитывать величину потерь давления $\Delta p_{пов}$. Поэтому в практике инженерных расчетов принят следующий подход.

При значениях расходной концентрации аэросмеси $\mu \leqslant 0,2$

$$\Delta p_{пов} = \Sigma\zeta_0 P_{дин}\,(1 + 1,4\mu), \tag{6.19}$$

где $\Sigma\,\zeta_0$ — сумма коэффициентов местного сопротивления отводов (принимается по табл 6.11 части первой); $P_{дин}$ — динамическое давление при скорости воздуха $v_в$.

При значениях $\mu > 0,2$.

$$\Delta p_{пов} = \Sigma\zeta_{0.\,усл} P_{дин}\,(1 + K\mu), \tag{6.20}$$

где K — коэффициент, определенный по формуле (6.15); $\Sigma\zeta_{0\ усл}$ — сумма условных коэффициентов местного сопротивления, учитывающих потери давления на поворот и на разгон материала за коленом.

Значения $\zeta_{0\ усл}$ (табл. 6.4) получены для отводов с квадратным сечением, но применяются также и для расчета сварных сегментных отводов круглого сечения.

Условный коэффициент местного сопротивления для отводов с углом поворота α, меньшим 90°, можно вычислить умножением величины $\zeta_{0\ усл}$ (табл. 6.4) на поправочные коэффициенты.

6.4. Значения условного коэффициента местного сопротивления отводов $\zeta_{0\,усл}$ с углом поворота 90° и радиусом поворота R=5d

Расходная концентрация μ	Отвод Г-ВВ				Отвод ВВ-Г			Отвод Г-ВН	Отвод ВН-Г	Отвод Г-Г
	Опилки	Стружка	Щепа	Щепа (R=2d)	Опилки	Стружка	Щепа			
0,5	0,48	0,48	0,49 (0,6)	(0,69)	0,71	0,71	0,67 (0,52)	(0,42)	(0,37)	(0,47)
1,0	0,60	0,61	0,62 (0,84)	(0,96)	0,95	0,95	0,91 (0,68)	(0,50)	(0,45)	(0,61)
2,0	0,72	0,74	0,77 (1,0)	(1,14)	1,23	1,22	1,18 (0,75)	(0,56)	(0,54)	(0,74)
3,0	0,79	0,82	0,85 (1,04)	(1,19)	1,37	1,37	1,32 (0,69)	(0,55)	(0,54)	(0,82)
4,0	0,83	0,85	0,90	–	1,45	1,45	1,42	–	–	–
5,0	0,86	0,89	0,94	–	1,51	1,52	1,48	–	–	–
6,0	0,88	0,91	0,96	–	1,56	1,56	1,53	–	–	–
7,0	0,90	0,93	0,98	–	1,58	1,62	1,56	–	–	–
8,0	0,91	0,94	1,00	–	1,61	1,63	1,60	–	–	–

Примечания: 1. Буквами обозначены изменения направления потока в отводах: Г-ВВ — с горизонтального на вертикальное восходящее; ВВ-Г — с вертикального восходящего на горизонтальное; Г-ВН — с горизонтального на вертикальное нисходящее; ВН-Г — с вертикального нисходящего на горизонтальное; Г-Г — с горизонтального на горизонтальное. 2. Значения $\zeta_{0\ усл}$, указанные в таблице в скобках, приведены по данным [17], без скобок — по данным [3].

Поправочные коэффициенты зависят от угла поворота отводов α:

	$\alpha < 15°$	$15° \leqslant \alpha < 45°$	$45° \leqslant \alpha \leqslant 60°$	$\alpha > 60°$
Поправочные коэффициенты . . .	0,0	$\alpha/90$	$1{,}5\alpha/90$	1,0

Потери давления в местных сопротивлениях — $\Delta p_{м\ с}$. Местными сопротивлениями могут быть переключатели потоков, задвижки, компенсаторы, тройники барабанных питателей, всасывающие устройства. Потери давления в местных сопротивлениях определяются по формуле

$$\Delta p_{м.\,с} = \zeta_{м.\,с} p_{дин} (1 + K\mu), \qquad (6.21)$$

где $\zeta_{м.\,с}$ — гидравлический коэффициент местного сопротивления того или иного элемента сети.

Ниже приведены значения $\zeta_{м.\,с}$, наиболее часто встречающиеся в конструкциях трубопроводных сетей. В воздухозаборной шахте с зонтом (см. рис. 6.2) $\zeta_{м\ с}$ зависит от h/d_0:

h/d_0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\zeta_{м.с}$	2,63	1,83	1,53	1,39	1,31

Продолжение

h/d_0	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0 и более
$\zeta_{м.с}$	1,19	1,15	1,08	1,07	1,05

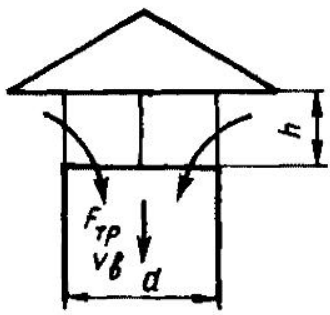
(По чертежам серии 1-494-32 для зонтов круглых $\zeta_{м.с}=1,4$).

Во всасывающей трубе (рис. 6.3) в зависимости от отношения δ/d значения $\zeta_{м.с}$ следующие:

δd	0	0,004	0,008	0,012	0,016
$\zeta_{м.с}$	1,00	0,94	0,88	0,83	0,77

Продолжение

δ/d	0,020	0,024	0,030	0,040	0,050 и более
$\zeta_{м.с}$	0,72	0,68	0,61	0,54	0,50



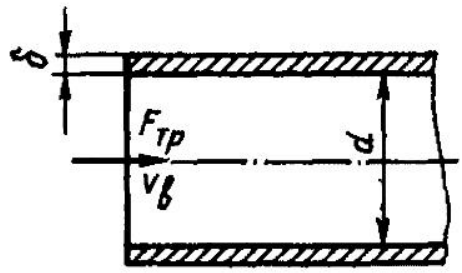


Рис. 6.2. Схема воздухозаборной шахты с зонтом

Рис. 6.3. Схема всасывающей трубы

На рис. 6.4 представлена схема воронки всасывающей трубы Значения $\zeta_{м.с}$ для воронки приведены в табл. 6.5.

6.5. Раструб (воронка) всасывающей трубы

l/d	$\zeta_{м.с}$ при α, град.								
	0	10	20	30	40	60	100	140	180
0,025	1,0	0,96	0,93	0,90	0,86	0,80	0,69	0,59	0,50
0,050	1,0	0,93	0,86	0,80	0,75	0,67	0,58	0,53	0,50
0,075	1,0	0,87	0,75	0,65	0,58	0,50	0,48	0,49	0,50
0,10	1,0	0,80	0,67	0,55	0,48	0,41	0,41	0,44	0,50
0,15	1,0	0,76	0,58	0,43	0,33	0,25	0,27	0,38	0,50
0,25	1,0	0,68	0,45	0,30	0,22	0,17	0,22	0,34	0,50
0,60	1,0	0,46	0,27	0,18	0,14	0,13	0,21	0,33	0,50
1,0	1,0	0,32	0,20	0,14	0,11	0,10	0,18	0,30	0,50

Ниже приведены значения $\zeta_{м.с}$ в металлических, проволочных сетках ($F_{с.ж}$ — живое сечение сетки):

$F_{с.ж}/F_{тр}$ . . .	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
$\zeta_{м.с}$	6,20	4,10	3,00	2,20	1,65	1,26	0,97

Продолжение

$F_{с.ж}/F_{тр}$ . . .	0,65	0,70	0,75	0,80	0,90	1,0 и более
$\zeta_{м.с}$	0,75	0,58	0,44	0,32	0,14	0,0

Коэффициенты местного сопротивления элементов с сеткой на входе определяются как сумма $\zeta_{м\ с}$ трубы всасывающей и воронки всасывающей трубы и $\zeta_{м\ с}$ сетки.

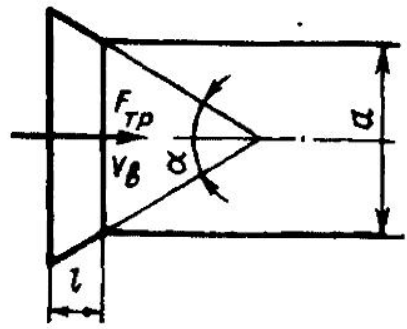


Рис. 6.4. Схема воронки всасывающей трубы

Значения коэффициентов $\zeta_{м.с}$ в задвижках плоско-параллельных типа «Лудло» в прямой трубе следующие:

h/d	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\zeta_{м.с}$	33,0	11,0	4,70	2,35	1,23	0,67	0,31	0,11	0,05

Схема задвижки представлена на рис. 6.5.

Коэффициент местного сопротивления сальниковых компенсаторов следует принимать равным 0,2. Коэффицнент местного сопротивления загрузочных тройников барабанных питателей принимается равным 0,5, а потери давления в питателях определяют применительно к сечению трубопровода до загрузки материала.

Потери давления на разгон материала — $\Delta p_{разг}$.

Затраты энергии воздушного потока на придание транспортируемому материалу устойчивой скорости передвижения в трубопроводе $v_м$, или потери давления на разгон материала за питателем с начальной скорости $v_м = 0$, можно определять по формуле

$$\Delta P_{разг} = 2\frac{v_м}{v_в} P_{дин}, \qquad (6.22)$$

где $v_м/v_в$ — относительная скорость движения материала, или коэффициент отставания материала,— величина, обратная параметру $v_в/v_м$ (см. табл. 6.3).

В системах пневмотранспорта щепы можно также определять потери давления на разгон щепы за питателями в трубах диаметром от 0,3 м и выше по эмпирической формуле [1], Па

$$P_{разг} = 9{,}81\,(6v_в - 130d)\,\mu^{2d}. \qquad (6.23)$$

Потери давления на подъем материала $\Delta p_{под}$. При максимальной разнице в отметках отдельных участков транспортного трубопровода

$\Delta h \geqslant 10$ м следует учитывать потери давления на подъем материала по формуле, Па

$$\Delta p_{под} = \Delta h \rho_в \mu \frac{v_в}{v_м} \cdot 9{,}81. \qquad (6.24)$$

Потери давления при выгрузке материала — $\Delta p_{выгр}$ При выгрузке материала с помощью циклонов типа УЦ потери давления в циклоне определяются по данным, приведенным в гл. 5 части первой. В общем случае потери давления в циклонах определяются по формуле

$$\Delta p_ц = \zeta_ц P_{дин}, \qquad (6.25)$$

где $\zeta_ц$ — паспортное значение коэффициента местного сопротивления цик-

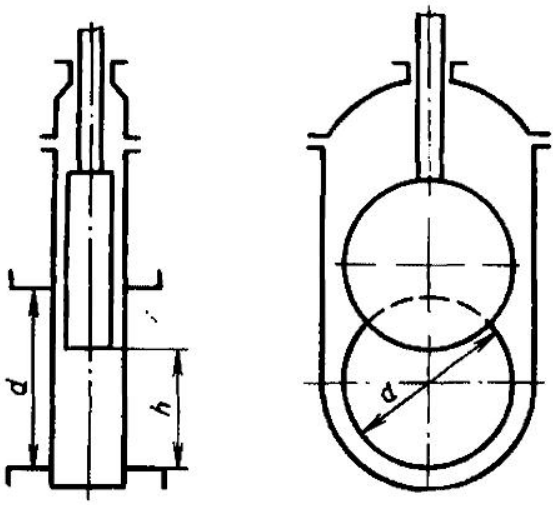


Рис. 6.5. Схема плоско-параллельной задвижки типа «Лудлоу» в прямой трубе

лона; $P_{дин}$ — динамическое давление в сечении, по которому определен коэффициент местного сопротивления циклона; для циклонов типа K (см. гл. 3) следует принимать $P_{дин}$, соответствующее скорости в сечении входного патрубка циклона.

При выгрузке с помощью дефлекторов потери давления численно равным динамическому давлению в выходном сечении, Па, т. е.

$$\Delta p_{выгр} = \rho_в \frac{v_в^2}{2}, \qquad (6.26)$$

где $v_в$ — скорость воздуха в выходном сечении транспортного трубопровода, м/с.

7. По расчетным значениям расхода воздуха Q и суммарных потерь давления в системе $\Sigma\Delta p$ подбирается соответствующая тягодутьевая машина.

Часто потери давления в системах пневмотранспорта превышают величину максимального давления (напора), развиваемого одним вентилятором. В таких случаях к установке принимаются два работающих последовательно и в одинаковом режиме вентилятора. Давление каждого из этих вентиляторов равно половине суммарных потерь давления в системе.

Пример расчета. Технологические исходные данные: назначение пневмотранспортера — подача отходов механической обработки древесных

материалов мебельного производства мощностью 30 млн. р. в год от станции сухих пылеуловителей систем аспирации в топливный бункер котельной, выход измельченных отходов по балансу сырья и материалов $V = 22500$ м³ плотной древесины/год, средняя объемная масса материалов $\gamma_{об} = 600$ кг/м³ плотной древесины, число часов работы в год технологического оборудования $n = 4160$ ч/год.

Аксонометрическая схема системы пневмотранспорта представлена на рис. 6.6 и содержит конструктивные исходные данные для расчета: длина

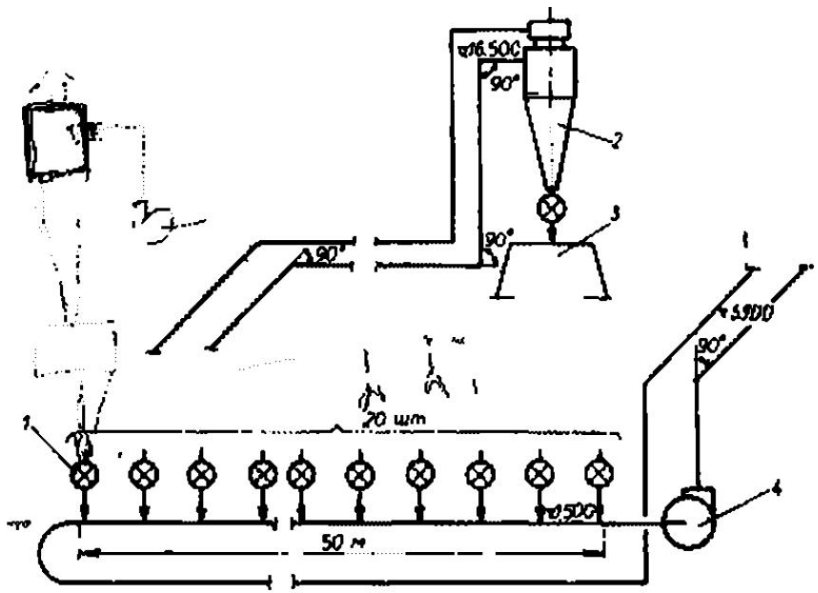


Рис. 6.6. К расчету нижненапорной системы пневмотранспорта.

1 — шлюзовой питатель циклона цеховой системы аспирации; 2 — циклон-разгрузитель; 3 — бункер отходов; 4 — тягодутьевая машина

участка загрузки — 50 м, число загрузочных тройников — 20 шт., длина транспортного трубопровода — 151 м; длина обратного трубопровода — 201 м; повороты транспортного трубопровода по 90°, $R/d = 5$: ВВ-Г — 2 шт., Г-Г — 1 шт., Г-ВВ — 1 шт., отводы на обратном участке трубопровода по 90°, $R/d = 2$ — 6 шт.; вид тягодутьевой машины — пылевой вентилятор, например, марки ЦТД, трубопровод из сварных воздуховодов.

Расчетная производительность пневмотранспортера определяется по формуле (6.1)

$$G_м = \frac{1.15 \cdot 22500 \cdot 600}{4160} = 3732 \text{ кг/ч}$$

Расчет

1. С учетом принятой конструкции тягодутьевой машины принимаем величину расходной концентрации аэросмеси $\mu = 1$.

2. Объемный расход воздуха находим по формуле (6.7)

$$Q_в = \frac{3732}{1.0 \cdot 1.2} = 3110 \text{ м}^3/\text{ч}$$

3. Оптимальную транспортную скорость определяем по формуле (6.8), принимая по табл. 6.3 значения параметров b и $v_в/v_м$ для имеющейся в транспортируемых отходах крупной стружки: $v_{опт}=1,1(4\cdot1,0\times\times1,25+0,01\cdot600+10)=23,1$ м/с.

4 Определяем диаметр транспортного трубопровода по формуле (6.9)

$$d_т = 1,88\cdot10^{-2}\sqrt{3110/23,1} = 0,218 \text{ м}.$$

Принимается ближайший меньший из нормализованного ряда диаметров воздуховодов — $d=0,2$ м.

5 Определяем расчетную скорость воздуха в транспортном воздуховоде по формуле (6.10)

$$v_в = 3,54\cdot10^{-4}\cdot\frac{3110}{0,2^2} = 27,5 \text{ м/с};$$

диаметр обратного воздуховода принимаем на два калибра больше, т. е. 0,25 м, а скорость воздуха в нем будет равна 17,6 м/с.

6. Определяются поочередно потери давления в системе

Потери давления в прямых участках трубопровода — $\Delta p_{тр}$.

Расходная концентрация в загрузочном участке трубопровода диаметром 0,2 м изменяется от 0 в начале участка и до 1,0 в конце его, поэтому в формулу (6.13) можно подставить среднее значение μ на этом участке, равное 0,5. Величину коэффициента K для загрузочного и транспортного участка трубопровода найдем из формулы (6.15) в зависимости от вида материала:

$$K = 0,78\sqrt{\frac{0,2}{0,3}} = 0,64, \text{ тогда}$$

$$\Delta p_{тр.\ загруз} = 50\cdot40,36\,(1+0,64\cdot0,5) = 2660 \text{ Па};$$

$$\Delta p_{тр.\ трансп.} = 151\cdot40,36\,(1+0,64\cdot1,0) = 9990 \text{ Па}.$$

Далее расчет производить нецелесообразно, так как уже ясно, что два последовательно включенных вентилятора ЦТД даже при максимальном возможном давлении не создадут требуемого напора в системе.

В таких случаях задаются меньшим значением μ, увеличивая тем самым расход воздуха, диаметры трубопроводов и уменьшая потери давления.

Задаемся значением $\mu=0,4$, тогда, выполнив уже проделанные действия, получим:

$Q_v=7775$ м³/ч; $v_{опт}=20$ м/с, d транспортного воздуховода — 0,355 м; $v_в=21,8$ м/с; d обратного воздуховода — 0,4 м; $v_в=17,2$ м/с; $K=0,85$; $\Delta p_{тр\ загруз}=740$ Па; $P_{тр\ трансп}=2550$ Па; $\Delta p_{тр.\ обр}=1380$ Па.

Потери давления при поворотах, $\Delta p_{пов}$. По табл 6.4 находим

$$\Sigma\zeta_{о.\ усл} = 2\cdot0,71+0,47+0,48 = 2,37.$$

По формуле (6.20) определяем

$$\Delta p_{пов.\ трансп} = 2,37\cdot285,14\,(1+0,85\cdot0,4) = 900 \text{ Па};$$

$$\Delta p_{пов.\ обр.} = 6\cdot0,15\cdot177,5 = 160 \text{ Па}.$$

Потери давления в местных сопротивлениях, $\Delta p_{м.\ с}$ в данном случае отсутствуют.

Определяем потери давления на разгон материала по формуле (6.22), Па

$$\Delta p_{разг.} = 2\cdot0,4\cdot0,8\cdot285,14 = 180.$$

Потери давления на подъем материала определяем по формуле (6.24), Па

$$\Delta p_{под} = (16,5 - 1,5) \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 1,25 \cdot 9,81 = 88.$$

Потери давления при выгрузке материала в данном случае определяются как потери давления в циклоне. Принимая к установке один циклон УЦ 1300-4, определяем по характеристике циклона (см. часть первую), что $\Delta p_{выгр} = 1120$ Па.

$$\Sigma \Delta p = 4670 + 1060 + 180 + 88 + 1120 = 7128 \text{ Па}.$$

Следовательно, подбираются два вентилятора, подача каждого из которых должна быть равна $Q_v = 7775$ м³/ч при давлении $P_v = 356$ даПа.

По характеристикам вентиляторов ЦТД видно, что требуемым параметрам удовлетворяет вентилятор ЦТД № 10 с числом оборотов колеса $n_в = 1350$ мин⁻¹.

К установке принимаются два вентилятора ЦТД № 10 с числом оборотов колеса $n_в = 1350$ мин⁻¹, устанавливаемые последовательно.

6.3.2. Расчет высоконапорных систем пневмотранспорта

Отличие расчета этих систем от расчета низконапорных состоит в том, что учитывается сжатие воздуха в тягодутьевых машинах и связанная с этим разница в плотности и физическом объеме воздуха в начале транспортного трубопровода и в конце его. Следует иметь в виду, что высоконапорные системы пневмотранспорта с применением воздуходувок различных марок проектируются только прямоточными.

Особенность расчета таких систем в том, что окончательные величины расходной концентрации и диаметра транспортного трубопровода, а иногда и марка тягодутьевой машины определяются после нескольких вариантов полного гидравлического расчета системы.

Ниже приводится схема расчета высоконапорных систем пневмотранспорта измельченных древесных материалов на деревообрабатывающих предприятиях.

1. Задаются ориентировочной величиной расходной концентрации μ.

2. По формуле (6.7) определяют ориентировочно объемный расход воздуха Q_v, м³/ч.

3. Принимается марка тягодутьевой машины и по каталожной характеристике уточняется расход воздуха в системе и расходная концентрация.

4. Определяется величина плотности сжатого воздуха $\rho_{в.н}$, кг/м³, в начале транспортного трубопровода по формуле

$$\rho_{в.н} = \frac{p_р + B}{29,27T}, \qquad (6.27)$$

где $p_р$ — рабочая (каталожная) величина повышения давления тягодутьевой машины, даПа; B — средняя величина барометрического давления в летний период, даПа; T — абсолютная температура воздуха в начале транспортного трубопровода, K.

Для инженерных расчетов с применением турбовоздуходувок рекомендуется повышение температуры воздуха за воздуходувкой принимать

равным 10—20°, т. е T принимается равным 303—313 К при расчетной температуре воздуха перед воздуходувкой $t_в = 20$ °С, или $T_в = 293$ К.

5. Определяется величина средней плотности воздуха в транспортном воздуховоде из условия, что в конце трубопровода плотность воздуха $\rho_{в\ к} = 1{,}2$ кг/м³:

$$\rho_{в.\ ср.} = \frac{\rho_{в\cdot н} + \rho_{в.\ к}}{2}. \qquad (6.28)$$

6 По формуле (6.8) определяется $v_{опт}$, м/с.

7. Определяется оптимальная скорость воздуха в начале транспортного трубопровода $v_{н\ опт}$, м/с, по формуле

$$v_{н.\ опт.} = v_{опт}\sqrt{\frac{1{,}2}{\rho_{в.\ н}}}. \qquad (6.29)$$

8. Определяется диаметр транспортного трубопровода. Так как оптимальная скорость имеет наименьшее значение в начале транспортного трубопровода, то диаметр всего трубопровода определяется по условиям в его начале: сначала находят $d_т$ по формуле (6.9), в которой объемный расход воздуха $Q = \frac{1{,}2}{\rho_{в.\ н}} Q_v$, а $v_{опт} = v_{н\ опт}$, а затем подбирается труба по сортаменту и определяется диаметр (внутренний) трубопровода d, м.

9. Определяются расчетные значения скоростей с учетом фактического диаметра трубопровода. начальная скорость $v_н$ рассчитывается по формуле (6.10), в которой $Q = \frac{1{,}2}{\rho_{в.\ н}} Q_v$, конечная $v_к$ — по формуле (6.10) и средняя $v_{ср}$ по формуле

$$v_{ср} = \frac{v_н + v_к}{2}. \qquad (6.30)$$

Расчет потерь давления производится по тем же формулам, что и в низконапорных системах, но с учетом следующего:

потери давления в прямых участках и отводах транспортных трубопроводов рассчитываются по скорости воздуха, равной $v_{ср}$ при $\rho_{в\ ср}$;

динамическое давление при расчете остальных потерь давления принимается по скорости и плотности воздуха на соответствующих участках трубопровода

Пример расчета. Технологические исходные данные. Назначение пневмотранспортера — подача щепы со средним объемным весом 550 кг/м³ плотной древесины, полученной из кусковых отходов производства столярных изделий на склад щепы производства древесностружечных плит; загрузка пневмотранспортера производится из бункера щепы, оборудованного разгрузочным шнеком с регулируемой производительностью; емкость бункера (рабочая) — 50 м³, заполнение происходит за 4 ч, включение и выключение системы пневмотранспорта осуществляется автоматически по команде датчиков верхнего и нижнего уровня щепы в бункере.

Аксонометрическая схема пневмотранспортера с конструктивными исходными данными приведена на рис. 6.7: длина транспортного трубопровода — 355 м; повороты $R/d = 5$: Г-ВВ (30°)—1 шт.; ВВ-Г (30°)—

1 шт.; Г-Г (90°) — 1 шт.; длина трубопровода чистого воздуха — 16 м; два поворота $R/d=2$ по 90°; местные сопротивления: воздухозаборная шахта с зонтом ($h/d=0{,}5$) и с сеткой на входе в трубу ($F_{ж\ с}/F_{тр}=0{,}75$), задвижка типа «Лудло» — 1 шт., загрузочный тройник барабанного питателя – 1 шт., сальниковый компенсатор — 1 шт. Выгрузка осуществляется с помощью дефлектора.

Расчетная производительность пневмотранспортера принимается из расчета перекачки всей щепы из наполненного бункера примерно за 25 мин. Масса щепы в объеме $V=50$ м³ составит

$$M = K_v \gamma_{пл} V = 0{,}4 \cdot 550 \cdot 50 = 11000 \text{ кг},$$

тогда $G_м = 60 : 25 \cdot 11000 = 26400$ кг/ч.

Расчетное барометрическое давление принимаем $B = 103330$ Па.

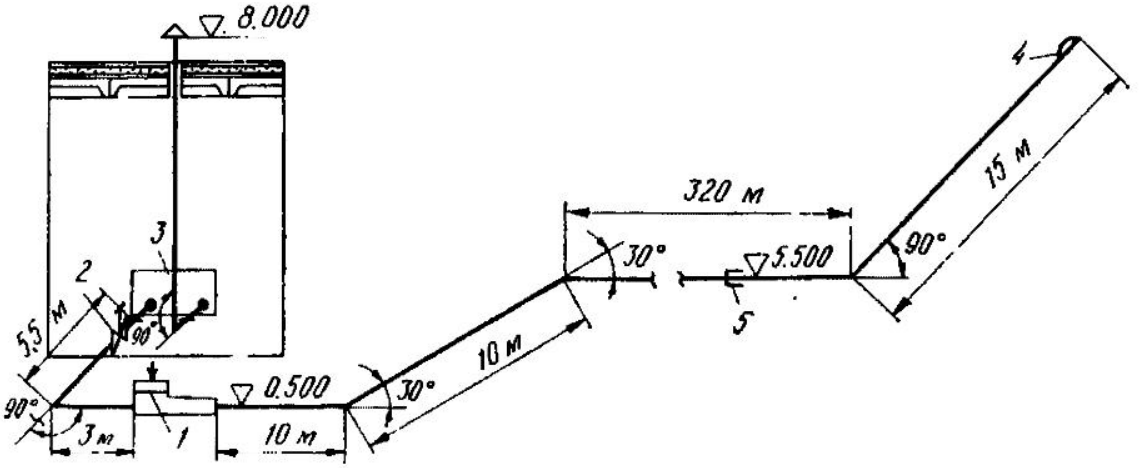


Рис. 6.7. Аксонометрическая схема пневмотранспортера:

1 — барабанный питатель; *2* — задвижка; *3* — воздуходувная машина; *4* — дефлектор; *5* — сальниковый компенсатор

Расчет.

1. Принимаем $\mu=2{,}5$.

2. Определяем ориентировочно Q_v

$$Q_v = \frac{26400}{1{,}2 \cdot 2{,}5} = 8800 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3. Принимаем к установке турбовоздуходувку ТВ-175-1,6М-01; номинальные параметры: $Q_v = 10020$ м³/ч, $p_р = 63000$ Па.

Расчетная величина расходной концентрации $\mu = \dfrac{26400}{10020 \cdot 1{,}2} = 2{,}2.$

4. По формуле (6.27) находим

$$\rho_{в.\ н} = \frac{10333 + 6300}{29{,}27 \cdot 313} = 1{,}8 \text{ кг/м}^3.$$

5. По формуле (6.28) находим

$$\rho_{в.\ ср} = (1{,}8 + 1{,}2)/2 = 1{,}5 \text{ кг/м}^3.$$

6. По формуле (6.8) находим

$$v_{опт} = 1{,}1\,(4 \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}43 + 0{,}01 \cdot 550 + 11) = 32 \text{ м/с}.$$

7. По формуле (6.29) находим

$$v_{н.\ опт} = 32\sqrt{1{,}2/1{,}8} = 26 \text{ м/с}.$$

8. По формуле (6.9) находим

$$d_т = 1{,}88 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{1{,}2 \cdot 10020}{1{,}8 \cdot 26}} = 0{,}301 \text{ м}.$$

Принимается труба по ГОСТ 10704—76 ∅ 299×6. Внутренний диаметр $d = 0{,}287$ м.

9. По формуле (6.10) находим, м/с

$$v_н = 3{,}54 \cdot 10^{-4} \frac{1{,}2 \cdot 10020}{1{,}8 \cdot 0{,}287^2} = 28{,}7, \quad v_к = 3{,}54 \cdot 10^{-4} \frac{10020}{0{,}287^2} = 43,$$

$$\text{тогда} \quad v_{ср} = (28{,}7 + 43)/2 = 35{,}8.$$

10. Находим потери давления в системе, начиная с прямых участков транспортного трубопровода.

Подставляя соответствующие значения в формулу (6.12), находим

$$\Delta p_{тр} = 1{,}5 \frac{35{,}8^2}{2} \cdot 355 \frac{0{,}11}{0{,}287} \left(\frac{0{,}00008}{0{,}287} + \frac{68 \cdot 14{,}9}{10^6 \cdot 35{,}8 \cdot 0{,}287} \right)^{0{,}25} \times$$

$$\times (1 + 0{,}63 \cdot 2{,}2) = 42545 \text{ Па}.$$

Приняв для трубопровода чистого воздуха (от воздухозабора до питателя) воздуховод ∅ 0,450 м, находим $\Delta p_{тр.\,ч.\,в} = 6{,}15 \cdot 16 = 98$ Па.

Находим потери давления на повороты, Па:

$$\Delta p_{пов.\,тр} = \left[\frac{30}{90} (0{,}79 + 1{,}22 + 0{,}75) \right] \frac{1{,}5 \cdot 35{,}8^2}{2} \times (1 + 0{,}63 \cdot 2{,}2) = 3211;$$

$$\Delta p_{пов.\,ч.\,в} = 0{,}15 \cdot 2 \cdot 183{,}75 = 55.$$

Находим потери давления в местных сопротивлениях, Па:

на трубопроводе чистого воздуха (зонт на входной трубе с сеткой, задвижка и питатель):

$$\Delta p_{м.\,с.\,ч.\,в} = (1{,}31 + 0{,}44 + 0{,}05 + 0{,}5) \cdot 183{,}75 = 423;$$

на транспортном трубопроводе (сальниковый компенсатор):

$$\Delta p_{м.\,с.\,тр} = 0{,}2 \frac{1{,}5 \cdot 35{,}8^2}{2} (1 + 0{,}63 \cdot 2{,}2) = 459.$$

Находим по формуле (6.22) потери давления на разгон материала с учетом $\rho_{в.\,н}$ и $v_н$, Па:

$$\Delta p_{разг.} = 2 \cdot 2{,}2 \cdot \frac{1}{1{,}43} \cdot \frac{1{,}8 \cdot 28{,}7^2}{2} = 2281.$$

Находим по формуле (6.26) потери давления при выгрузке, Па:

$$\Delta p_{выгр.} = 1{,}2 \frac{43^2}{2} = 1109.$$

Суммарные потери давления в системе составят, Па

$$\Sigma \Delta p = 42545 + 98 + 3211 + 55 + 423 + 459 + 2281 + 1109 = 50181.$$

Выводы. Воздуходувка и диаметр трубопровода выбраны правильно, с некоторым запасом, т. е. в процессе эксплуатации можно несколько увеличить производительность системы и сократить тем самым время опорожнения бункера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Воронин Ю. Б.** Пневмотранспорт измельченной древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 207 с.

2. **ГОСТ 12.3.014—78.** Производство древесностружечных плит. Требования безопасности.

3. **ГОСТ 17.2.3.02—78.** Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.

4. **Гофман А. И., Козориз Г. Ф.** Автоматически регулируемые пневмотранспортные системы.— Львов: Вища школа, 1979.— 104 с.

5. **Зайцев В. Ф.** Аэродинамическое исследование отводов в системах пневмотранспорта измельченной древесины. Дис. на соиск. учен. степени канд техн. наук, ЛТА им. С. М. Кирова.— Л., 1970

6 **Закон** об охране атмосферного воздуха/Правда.— 1980.— 27 июня.

7. **Идельчик И. Е.** Справочник по гидравлическим сопротивлениям.— М. Машиностроение, 1975.— 560 с.

8. **Инструкция** о порядке рассмотрения, согласования и экспертизы воздухоохранных мероприятий и выдачи разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферу по проектным решениям. ОНД 1—84, М., Госкомгидромет.

9. **Исследование** и совершенствование пневмотранспортных и аспирационных установок в деревообрабатывающей промышленности. Отчет о НИР.— Ч. 2.— Л. ЛТА им С. М. Кирова, 1983.

10. **Коробов В. В.** Пневматический транспорт и погрузка технологической щепы.— М.: Лесн. пром-сть, 1974.— 176 с.

11. **Ларионов В. А.** Пневмотранспорт измельченной древесины с переменным расходом воздуха.— М.: Лесн пром-сть, 1980.— 119 с.

12. **Отлев А. И., Штейнберг Ц. Б.** Справочник по древесностружечным плитам.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 239 с.

13. **Перечень** категорий производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности и классов взрывоопасных и пожароопасных зон предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности. Утвержден Минлесбумпромом СССР от 18 апреля 1984 г.

14. **Пирумов А И.** Обеспыливание воздуха.— М.: Стройиздат, 1981.— 296 с.

15. **Правила** пожарной безопасности в лесной и деревообрабатывающей промышленности.— М.: Лесн. пром-сть, 1985.— 97 с.

16. **Постановление** ЦК КПСС и СМ СССР от 01.12.78 г. «О дополнительных мерах по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов». Правда, 6 января 1979 г

17. **Правила** техники безопасности и производственной санитарии в деревообрабатывающей промышленности.— М.: Лесная пром-сть, 1979.— 215 с.

18. **Святков С. Н.** Пневматический транспорт измельченной древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1966.— 318 с.

19. **Святков С. Н., Зайцев А. Ф.** Потери давления в отводах систем пневмотранспорта древесной щепы. Техн. информ. № 79 по результатам НИР.— Л.: ЛТА им. С. М. Кирова, 1970.

20. **СН 245—71.** Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.— М.: Стройиздат, 1972.— 97 с.

21. **СН 369—74.** Указания по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.— М.: Стройиздат, 1975.— 86 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Аппараты пылеулавливающие 8
Аспирация 5, 7, 8
Безопасность пожарная 190
Вентиляторы 24, 214
Взрыв 190
Воздуховоды 11, 13
Воронка эжекционная 204, 228
Выброс предельно допустимый 194
Выбросы в атмосферу 193
Давление взрыва 191
— динамическое 126, 128
Данные для проектирования исходные 62, 222
Дефлекторы 213
Диафрагмы 11, 12
Зонты 11, 12
Источники выбросов пыли 114, 194
— выделения пыли 7
Классификация систем аспирации 8
Коллекторы 11, 12
Конструирование 112, 122
Коэффициент очистки 33
— проскока 33
Масса древесины объемная 223
Машины тягодутьевые 8, 24
Метеорологические условия неблагоприятные 197, 201
Охрана атмосферного воздуха 193
Очистка воздуха (мокрый способ) 32, 54, 112
Питатели 205
Подбор циклонов 113
Потери давления удельные 126
Предел воспламенения концентрационный 190
Проектирование 61, 222
Разрешение на выброс загрязняющих веществ в атмосферу 193
Расчет гидравлический 124, 229
Рукава 11, 17
Сети трубопроводные 8, 11, 219
Системы аспирационные автоматически регулируемые 9, 65, 204
— — автономные 9, 65
— — прямоточные 9, 65, 204
— — рециркуляционные 9, 65, 204
— — централизованные 9, 65
Скорость нарастания давления 191
Сопротивления местные 126, 169, 233
Станция пылеуловителей 112
Степень очистки 32
Схемы сетей 123
Температура воспламенения 190
Транспорт пневматический 5, 203
Узлы загрузки материала 204
— разгрузки 204, 211
Устройства запорные 11, 12
Фильтры 51
Характеристики оборудования аспирационные 66
Циклоны 33
Энергия воспламенения 191

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Введение 4

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

1. Общие сведения 7
2. Классификация систем аспирации 8
3. Трубопроводные сети. Конструктивное оформление 11
4. Тягодутьевые машины 24
4.1. Вентиляторы В-ЦП 24
4.2. Вентиляторы ЦТД 29

5. Пылеулавливающее оборудование 32
5.1. Оценка эффективности пылеулавливающего оборудования . . 32
5.2. Пылеулавливающие аппараты и их характеристики 33
5.2.1. Циклоны (33).— 5.2.2. Фильтры (51).— 5.2.3. Пылеуловители мокрого типа (54)

6. Проектирование 61
6.1. Исходные данные 62
6.2. Выбор принципиальной схемы 65
6.3. Определение числа и мощности систем 112
6.4. Конструирование и расчет пылеулавливающих сооружений . 112
6.4.1. Подбор пылеулавливающего оборудования и конструктивное оформление станций пылеуловителей (112) — 6.4.2. Конструирование трубопроводных сетей (122).— 6.4.3. Гидравлический расчет сетей (124)

7. Автоматически регулируемые и аспирационные системы (АРАС) и системы приточной вентиляции (АРСПВ) 174
7.1 Коэффициент загрузки аспирационных и вентиляционных систем 174
7.2 Регулирование режимов работы аспирационных и приточных вентиляционных систем 175
7.3. Регулирование подачи центробежных вентиляторов 175
7.4. Принципы работы АРАС 176
7.5. Схемы АРАС 178
7.6. Приточные системы вентиляции 184
7.7. Системы автоматического регулирования АРАС и АРСПВ . 185
7.8. Основные элементы АРАС 188

8. Пожарная безопасность 190

9. Охрана атмосферного воздуха 193

ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ

1. Общие сведения 203

2. Загрузочные устройства 204
2.1. Всасывающая воронка 204
2.2 Эжекционная воронка 205
2.3. Питатели 205

3. Разгрузочные устройства 211
3.1. Циклоны 211
3.2. Дефлекторы 213

4. Тягодутьевые машины 214

5. Трубопроводные сети 219

6. Проектирование 222
6.1. Исходные данные 222
6.1.1. Технологическое назначение пневмотранспортных систем (223).— 6.1.2. Характеристика транспортируемого материала (223).— 6.1.3. Расчетная производительность пневмотранспортеров (224).— 6.1.4. Прочие исходные данные (225)
6.2. Выбор трассы и принципиальных конструктивных решений . 226
6.3. Гидравлический расчет 229
6.3.1. Расчет низконапорных систем пневмотранспорта (229).— 6.3.2. Расчет высоконапорных систем пневмотранспорта (239)

Список литературы 243

Предметный указатель 245

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Александров Александр Николаевич,
Козориз Георгий Филиппович

ПНЕВМОТРАНСПОРТ И ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Справочник

Под редакцией
Александрова А. Н.

Редактор Ю. Г. Овчинникова
Художник-оформитель
И. А. Слюсарева
Художественный редактор
К. П. Остроухов
Технические редакторы
В. В. Соколова,
Е. В. Артемьева
Корректор Е. П. Родионова
Вычитка Е. Е. Яриной

ИБ № 2240

Сдано в набор 19.10.87. Подписано в печать 16.06.88. Т-12321 Формат 60×88 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,5. Усл. кр.-отт. 15,5. Уч.-изд. л. 15,94. Тираж 9570 экз. Заказ 3238. Цена 1 р. 20 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Лесная промышленность», 101000, Москва, ул. Кирова, 40а

Ленинградская типография № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14.