

Б1832349



НОЕ БЮРО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОНФЕРЕНЦИЙ
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ при ВТС

И
сез. 61

ТРУДЫ
III ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Выпуск II

Инж. В. Н. ВЕДЕНИСОВ

ВЫБОР СИСТЕМЫ УВЛАЖНЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ
ПРЯДИЛЬНЫХ И ТКАЦКИХ ФАБРИК

ИФ-28057

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА — 1929 г.

Д.Х.

СОУНЬ ИМ. В. Г. БЕЛИНСКОГО
<http://book.ugaic.ru/>

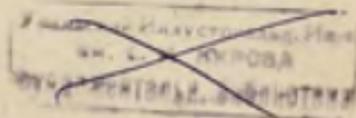
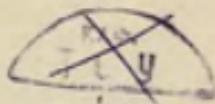
МК 1 н 5 - 19
ПОСТОЯННОЕ БЮРО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОНФЕРЕНЦИЙ
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ при ВТС

ТРУДЫ
III ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВЫПУСК II

Инж. В. Н. ВЕДЕНИСОВ

ВЫБОР СИСТЕМЫ УВЛАЖНЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ
ПРЯДИЛЬНЫХ И ТКАЦКИХ ФАБРИК



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА — 1929 г.

Типография Кооператива
„Наука и Просвещение“
Москва, Остоженка,
Савельевский пер., 13.
Тираж А—32515.
Тираж 2000

Б. 1832849 . 15/2

Государственная научная
библиотека
им. В. Г. Белинского
г. Свердловск

Выбор системы увлажнения и вентиляции прядильных и ткацких фабрик.

Доклад инж. В. Н. Веденисова.

1. Устройство увлажнения и вентиляции прядильных и ткацких фабрик преследует одновременно две задачи: во-первых, дать в помещении определенную, заранее заданную, степень относительной влажности воздуха и, во-вторых, понизить на сколько возможно температуру помещений летом. Поддержать определенную влажность воздуха рабочих помещений, которая задается, в зависимости от рода волокна и стадии обработки, в пределах от 50 до 85%, представлялась бы задачей совсем нетрудной, если бы в рабочих залах текстильных фабрик не происходило огромного выделения теплоты от работы машин, от животной теплоты работающего персонала, содействующей радиации и некоторых других, менее заметных, источников. Это обстоятельство, — выделение большого количества теплоты в помещениях, — заставляет связывать простое увлажнение при помощи испарения воды с обильной вентиляцией. Принцип, на котором основано такое соединение увлажнения с вентиляцией, весьма прост. С одной стороны связывание выделяющейся в помещении теплоты происходит за счет скрытой теплоты испарения воды, след. количество воды, которое необходимо испарить в единицу времени, может быть точно определено, как частное от деления количества выделенной в ту же единицу времени теплоты на величину скрытой теплоты испарения. С другой стороны влагоспособность воздуха, т. е. количество воды, которое может быть растворено в 1 куб. или в 1 кг. вентиляционного воздуха, определяется как разность между количеством пара, содержащегося в 1 куб. воздуха помещения при заданной температуре и степени влажности, и действительным количеством пара, содержащегося в 1 куб. наружного воздуха. Очевидно, что эти две величины вполне определяют необходимый и достаточный объем вентиляции, причем, вообще говоря, объем вентиляции может быть тем меньше, чем степень влажности помещений больше. Далее мы увидим, что влагоспособность воздуха не всегда может быть доведена до полной разности между влагосодержаниями внутреннего и наружного воздуха, но объем вентиляции и в этих случаях определяется теми же двумя величинами: размером испарения и влагоспособностью воздуха.

Существует множество конструкций, соединяющих в себе вентиляцию с увлажнением, но все они могут быть разделены на 2 основные группы:

Во-первых — система увлажнения и вентиляции камерного типа, (обыкновенно называется центральной), в которой производится предварительное увлажнение вентиляционного воздуха в особых камерах и подготовленный таким образом воздух вводится в рабочее помещение. При этом принцип действия остается один и тот же, будет ли устройство для каждого рабочего помещения особая камера, или же одна общая камера обслуживает несколько помещений, причем собственно только последняя система и заслуживает название центральной. К этой же группе д. б. отнесена и система, состоящая из отдельных приборов, в которых увлажнение производится в самих вентиляционных коробах (система Кестера и др.), так как и здесь сохраняется принцип предварительного увлажнения воздуха до ввода его в помещение. Обыкновенно эта система называется полуцентральной, (также неправильно), и в дальнейшем мы будем называть ее *местной климатой*.

Во-вторых — система, в которой, наряду с предварительным увлажнением вентиляционного воздуха в камере или коробе, применяется дополнительное местное распыливание воды непосредственно в рабочих помещениях, которую мы в дальнейшем будем называть *смешанной* или *системой с доувлажнением в помещениях*.

Вопрос о выборе той или другой системы во многих случаях представляется довольно сложным, так как при этом д. б. известны относительные достоинства и недостатки систем со стороны их первоначальной стоимости, стоимости эксплуатации, возможности равномерного распределения температуры и влажности по помещению, надежности действия, простоты или сложности обслуживания и, наконец, действия системы на рабочие процессы прироста и качества. Самый важный вопрос, конечно, — стоимость устройства и эксплуатации, но наше рассмотрение мы начинаем с других вопросов с той целью, чтобы при рассмотрении вопроса стоимости мы могли попутно более ясно представлять себе, в каких случаях и в какой мере мы можем и должны жертвовать вопросами экономическими в пользу других достоинств той или другой системы.

По вопросу о возможности *равномерного распределения* по помещению *температуры и влажности* можно сказать следующее. Если есть разводящих приточных каналов камерной системы достаточно размещена и выпускные отверстия расположены достаточно часто и равномерно, то равномерную температуру и влажность во всем помещении можно считать обеспеченной. Точно также вполне равномерное распределение выходящих отверстий без труда получается при установках, состоящих из ряда местных приборов с увлажнением в вентиляционных коробах, так как количество таких приборов легко может быть увеличено за счет уменьшения мощности каждого отдельного прибора. Если количество приборов местного распыливания при системе с доувлажне-

нием достаточно велико, то и такая система может дать вполне равномерное распределение температуры и влажности. Но все-таки приборы местного распыливания строятся на определенную производительность, около 3,5 литров распыливаемой воды в час, и потому при низкой заданной влажности помещений количество таких приборов оказывается недостаточным для того, чтобы можно было разместить их достаточно часто. Поэтому такая система может дать достаточно равномерное распределение температуры и влажности лишь при высоких степенях заданной влажности помещений. В общем можно сказать, что равномерное распределение температуры и влажности надежнее всего может быть обеспечено устройством камерной системы или системы с местными приборами камерного типа.

Обращаем внимание, что вопрос о равномерности распределения температуры мы ставим в зависимость исключительно от расположения каналов и отверстий приточного воздуха, не касаясь расположения каналов и отверстий обратного воздуха. Но этот вопрос не имеет существенного значения. С одной стороны, летом обыкновенно работа производится без применения обратного воздуха и выпуск отработавшего воздуха через форточки или фрамуги наружных окон уже сам по себе обеспечивает равномерность циркуляции. С другой стороны, зимой приточный воздух всегда имеет и должен иметь температуру на несколько градусов ниже, чем средняя температура помещения. Поэтому воздух тотчас по выходе из приточных отверстий опускается вниз, в рабочую зону, вытесняя вверх нагреваемый выходящейся тепловой воздух помещения. Таким образом по всему помещению создаются местные вертикальные токи и проходящий одновременно с этим общий поток воздуха к месту забора обратного воздуха, скорость какового потока никогда не превышает 0,5 м. в секунду, не может помешать равномерности распределения температуры и влажности даже в том случае, если забор сосредоточивается в одном месте. Отметим, что это обстоятельство позволяет обходиться без дорогого стоящих обратных каналов.

Со стороны надежности действия и простоты обслуживания система камерного типа имеет существенные преимущества, как сравнительно с системой местных приборов с увлажнением в вентиляционных коробах, так и сравнительно с системой смешанной, с доувлажнением в рабочих помещениях. Понятно, что уход за одним большим вентилятором и пульверизаторами, сосредоточенными в одной камере, легче, чем уход за рядом мелких вентиляторов и пульверизаторами, разбросанными по всему помещению. Кроме того при системе с доувлажнением является дополнительное обслуживание насоса или компрессора, последний же не принадлежит к числу очень надежных приборов. Точно также засорение одного или нескольких пульверизаторов в общей камере не отражается существенно на действии системы, тогда как выбытие из строя одного из местных вентиляторов системы с распыливанием в коробах или одного из местных пульверизаторов неминуемо создает местное нарушение установившихся условий температуры и влажности. Правда, вы-

бытие из строя вентилятора камерной системы совершенно прекращает действие установки, но с большими вентиляторами это случается довольно редко. К тому же надзор за таким вентилятором, будучи сосредоточен в одном месте, сам по себе дает значительную гарантию против подобных аварий.

Следует еще сказать несколько слов о влиянии установок на освещение помещений. Этот вопрос может получить лишь индивидуальное разрешение в каждом отдельном случае. В новых фабриках этот вопрос разрешается конструкцией перекрытий и удачный выбор такой конструкции большей частью позволяет благополучно ликвидировать задачу. В старых же фабриках почти все зависит от размеров системы, но о последних будет речь позднее в связи с определенным относительной стоимости систем. В общем можно сказать, что камерные системы требуют более громоздких каналов, чем системы с доувлажнением или местные приборы с увлажнением и вентиляционными коробами, кроме того, последние большей частью располагаются поперек помещений и мало влияют на освещение, хотя и загораживают сильно потолок. В некоторых случаях по необходимости приходится прибегать к таким приборам, напр. в старых фабриках шедраго типа громоздкие каналы камерной системы могли бы уничтожить все преимущества подобных покрытий в световом отношении и потому является более целесообразной установка местных приборов вентиляции, с вентиляторами и трубами небольшого размера. Применение в этом случае смешанной системы еще более улучшает дело, позволяя, как увидим ниже, уменьшать размеры отдельных приборов. В общем, как видим, вопрос этот не может быть разрешен в каком-нибудь одном определенном направлении.

Вопрос о влиянии системы на рабочий процесс представляется довольно запутанным. По отношению к хлопчатобумажным прядильным фабрикам, дело как будто обстоит так. Волокно хлопка представляет собой как бы восковую трубочку, стенки которой не смачиваются водой, но легко пропускают растворенный в воздухе водяной пар и тогда волокно получает все достоинства, которые так благоприятно влияют на процесс прядения. Между тем наблюдения показывают, что, как бы совершенно ни было распыливание воды в местных приборах, все же часть водяной пыли остается во взвешенном состоянии и медленно опускается вниз, причем могут образоваться местные зоны пересыщения, столь вредно влияющие на процесс прядения, особенно в приготовительном отделе. Кроме того, такие мельчайшие водяные частицы легко обволакиваются носящейся в воздухе пылью и, оседая вниз, часто образуют на машинах грязный налет. С этой точки зрения и в прядильных фабриках и особенно в приготовительном отделе камерные системы без доувлажнения в помещениях как будто заслуживают предпочтения. Но с другой стороны необходимо отметить, что наблюдения подобного рода производились в помещениях с местными распылителями при полном отсутствии вентиляции. Весьма вероятно, что водяная пыль в этом случае не успевала испариться за отсутствием обмена воздуха и возможно, что

при достаточном притоке свежего воздуха подобные неблагоприятные явления не будут иметь места. Вывод из всего сказанного должен быть в том смысле, что для прядильных фабрик, особенно для приготовительных их отделов, надежнее остановить выбор на камерной системе или на системе местных приборов с увлажнением и вентиляционных коробах.

Совершенно иначе обстоит дело в ткацких фабриках и особенно в помещениях ткацких станков. Здесь влажность влияет не только на пряжу, но и на шпикт и потому случайное осаждение тонкой водяной пыли не может принести вреда. Поэтому здесь применение системы с местными пульверизаторами совершенно безопасно. Исключение составляют только ткацкие залы с жаккардовыми станками, где смачивание водой картона и даже простое пересыщение воздуха вблизи картона может принести существенный вред и потому в этом случае применение подобной системы исключается.

Теперь мы перейдем к самым важным вопросам — первоначальной стоимости и стоимости эксплуатации различных систем. Но последние определяются главным образом размерами сооружений, иначе говоря, объемом вентиляции и потому мы вынуждены сначала заняться расчетами различных систем вентиляции. Обыкновенно расчет ведется на летний, режим и системы рассчитываются на понижение температуры помещений причем под понижением температуры понимается или равенство температур внутри помещения и наружного воздуха в тени при некоторой определенной для каждого отдельного района предельной расчетной температуре наружного воздуха, или же превышение внутренней температуры над наружной на несколько, обыкновенно 2 градуса. Такую предельную расчетную температуру наружного воздуха в тени для большей части Европейской части республика принимают обыкновенно в 28° при 45% относительной влажности наружного воздуха. Также же данные кладутся обыкновенно и в основание расчета вентиляции и увлажнения во всей Европе, до крайней мере на континенте, и ниже мы увидим, что такой расчет оправдывается теми результатами, которые получаются для средних летних температур. Для местностей с жарким климатом в основание расчета кладутся конечно иные предельные температуры и влажности наружного воздуха и для этих местностей расчет ведется уже не на равенство температур внутри и снаружи, а на действительное понижение температуры помещений сравнительно с температурой наружного воздуха в тени, причем это понижение может достигать 5 и даже 7°. В этом случае может даже возникнуть вопрос, до какой степени позволительно понижать температуру помещений без вреда для здоровья и самочувствия рабочих.

Чтобы сделать расчеты возможно более наглядными, мы воспользовались идеей инж. Р. П. Гехт применить для подобных расчетов известную $J-d$ диаграмму проф. Л. Б. Рамзина, построенную последним для расчета сушилок. Надобно отметить, что пользование этой диаграммой не только ускоряет и облегчает расчеты систем, но и позволяет попутно вынести в весьма наглядной форме целый ряд важных вопросов

относящихся к устройству вентиляции и увлажнения фабрик. Вот почему мы позволяем себе остановиться на этом вопросе несколько подробнее.

Напомним кратко способ построения этой диаграммы. По горизонтальной оси абсцисс откладываются влагосодержания воздуха, т. е. вес в граммах водяного пара, растворенного в 1 кг. сухого воздуха. На нашей диаграмме влагосодержания, в масштабе 20 мм. за 1 грамм, отложены с интервалами в 1 грамм и через каждый грамм проведены вертикальные прямые представляющие собой линии постоянного влагосодержания в 1, 2, 3 и т. д. грамм. По вертикальной оси ординат откладываются теплосодержания воздуха, т. е. количества единиц теплоты, приходящихся на 1 кг. сухого воздуха выше 0° , причем приняты во внимание, как теплосодержание самого воздуха, так и растворенного в нем водяного пара. На нашей диаграмме теплосодержания, в масштабе 40 мм. за 1 калорию, отложены по вертикали с интервалами в 1 калорию. Особенностью диаграммы проф. Рамзина является то, что для удобства пользования ею прямые, представляющие линии постоянного теплосодержания, проведены не перпендикулярно оси ординат, а наклонно к ней под углом в 45° . Таким образом мы получаем сетку, в которой горизонтальное расстояние между двумя любыми вертикальными линиями дает приращение влагосодержания воздуха, а вертикальное расстояние между двумя любыми наклонными линиями приращение теплосодержания.

Далее приступаем к построению нужных нам кривых. Из таблиц инж. Лурье, приложенных к диаграмме проф. Рамзина, берем тепло- и влагосодержания 1 кг. сухого воздуха при разных температурах в пределах 10° и 40° в относительном насыщении воздуха. Тогда мы получаем нужную кривую постоянного насыщения $\varphi = \text{const.} = 100\%$ (нижняя кривая диаграммы). В таблицах инж. Лурье тепло- и влагосодержания даны с интервалами в 5° . При увеличении же масштаба диаграммы проф. Рамзина в нужных нам пределах необходимо было интерполировать эти величины через 1° . К сожалению, все наши попытки интерполировать иначе, как линейным образом, потерпели неудачу. Вычисления по формулам К. В. и. П. неизменно давали заметный скачок вблизи границ интервалов, что очевидно объясняется неточностью формул К. В. и. П., по сравнению с результатами опытов для насыщенного пара. Все другие наши попытки интерполировать с помощью разных многочленов и другими способами также не дали достаточно плавных кривых. Поэтому мы предпочли, во избежание возможных недоразумений, простую линейную интерполяцию и соединили точки с интервалами в 5° прямыми линиями. Разделив теперь каждый отрезок этой ломанной линии на 5 равных частей, мы получили точки, указывающие влагу- и теплосодержание 1 кг. воздуха через каждый 1° для воздуха в состоянии полного насыщения.

Далее, по вертикали от начала координат откладываются теплосодержания 1 кг. абсолютно сухого воздуха с интервалами, по тем же таблицам, в 5° . Так как теплоемкость абсолютно сухого воздуха изме-

няется с температурой на ничтожно малую величину, то здесь разделение интервалов в 5° каждого на 5 равных частей дает весьма точные результаты, указывая теплосодержания 1 кг. абсолютно сухого воздуха через 1° . Теперь мы воспользовались выводом проф. Рамзина, показавшим, что кривые равных температур — изотермы почти не отличаются от прямых, и соединили точки кривой $\phi = 100\%$, показывающие теплосодержания (а также и влагосодержания) воздуха при полном насыщении и определенной температуре с точками на оси ординат, показывающими теплосодержания абсолютно сухого воздуха той же температуры и таким образом получили ряд изотерм, с интервалами в 1° . Откладывая теперь по оси абсцисс табличные величины влагосодержаний при равных температурах и степенях насыщения и проектируя полученные точки на соответствующие изотермы, мы получим кривые постоянных степеней насыщения $\phi = \text{const}$. Так как табличные величины даны через 5° , то и здесь мы соединили полученные точки прямыми линиями, получая в результате вместо кривых ряд ломаных. Отметим, что такое упрощенное построение не отражается на конечных результатах, так как пробные расчеты давали разницу менее 1%, величину практически не имеющую значения.

Применение для расчета увлажнения и вентиляции этой диаграммы, составленной проф. Рамзиным для расчета сушилок, основывается на полном тождестве процессов в том и другом случае. В самом деле, процесс в камере увлажнительно-вентиляционного устройства совершенно аналогичен процессу в самой сушилке. И тут и там мы имеем некоторое начальное состояние воздуха, нагретого в калорифере при сушилке, или наружного в нашем случае, каковой воздух в сушилке испаряет влагу товара, а в нашей камере распыливаемую пульверизаторами воду, причем испарение идет на счет повышения температуры воздуха, а теплосодержание⁶ остается неизменным при отсутствии притока тепла извне или отбора тепла наружу. Конечно, это последнее обстоятельство только приблизительно верно, но практически это предположение дает достаточное приближение к истинному процессу. Далее в рабочих помещениях вентиляционный воздух нагревается выделяемой в помещении теплотой, не изменяя своего влагосодержания, что соответствует в точности процессу в калорифере сушилки, где наружный воздух проходит через калорифер, нагреваясь в нем, но не изменив своего влагосодержания. Наконец, процесс с доувлажнением в помещениях вполне соответствует процессу в сушильной камере с дополнительным подогревом воздуха в самой камере, что позитивно без дальнейших пояснений.

Теперь приступаем к самому расчету, сначала для измерной системы без доувлажнения в рабочих помещениях. Начальное состояние наружного воздуха, как сказано было ранее, определяется в 28° и 45% влажности. На пересечении кривой $\phi = 45\%$ с изотермой 28° находим точку O , изображающую это начальное состояние, и через эту точку проводим прямую O_1O_2 , параллельную прямой постоянного теплосодержания. Очевидно, при испарении воды в камере, при отсутствии при-

тока тепла или же иная потеря наружу, процесс пойдет по этой линии постоянного теплосодержания, при чем влагосодержание воздуха будет постепенно расти, а температура падать и теоретически, когда насыщение воздуха достигнет 100°, дальнейшее испарение остановится. На практике, даже в камерах весьма обширного размера, воздух никогда не достигает 100% насыщения и обыкновенно принимают, что испарение останавливается на уровне 96% насыщения, т. е. в точке А диаграммы при температуре около 20,5°. Отметим, что эта точка указывает, что влагосодержание воздуха достигнет в этот момент 13,96 гр., между тем, как начальное влагосодержание в точке О было 10,95 гр., следовательно в камере каждый кг. воздуха растворяет 3-гр. пара. Теперь воздух начинает выходить в рабочее помещение, где нагревается выделяющейся в помещении теплотой, т. е. увеличивает свое теплосодержание при неизменном влагосодержании, следовательно процесс изобразится вертикальной прямой АА₁. В зависимости от количества теплоты, приходящегося на 1 кг. вентиляционного воздуха процесс может остановиться в любой точке прямой АА₁. Пусть процесс остановится в точке „а“ на пересечении прямой АА₁ с кривой $\varphi = 70\%$. Это значит, во-первых, что воздух, выйдя из камеры насыщенным до 90%, повисил свою относительную влажность в помещении до 70%, во-вторых, замечаю, что точка а, находится на изотерме 24,8°, это значит, что температура воздуха в помещении поднялась до уровня 24,8°, наконец, измерив отрезок Аа, и определив его величину в 42 мм. и зная, что масштаб диаграммы составляет 40 мм. за 1 калорию, мы заключаем, что воздух увеличил свое теплосодержание на 1,05 калорий. Другими словами, воздух может достичь состояния, характеризуемого точкой а, только в том случае, если объем вентиляции рассчитан таким образом, чтобы на каждый кг. вентиляционного воздуха приходилось 1,05 калорий из общего количества выделяемой в помещении теплоты. Будем называть величину 1,05 связывающей способностью или связывающим эффектом воздуха. Тогда получаем, что размер вентиляции определяется разделением количества выделяемой в помещении теплоты на связывающую способность воздуха и чем выше последняя, тем меньших размеров получается вентиляция.

Перенесем теперь точку а₁ в а₂ на кривой $\varphi = 60\%$ и изотерме 27,1°. Тогда аналогично предыдущему заключаем, что при 60% заданной влажности температура помещений определится в 27,1° при связывающей способности воздуха 1,64 калорий. Подъемемся по прямой АА₁ еще выше, в точку а на изотерме 28°. В этом случае влажность помещения будет 57%, температура равна температуре в тени и связывающая способность воздуха равна 1,85 калорий. Наконец, подъемся в точку а₃ до уровня кривой $\varphi = 55\%$. Тогда получим, что при 55% влажности помещения температура его будет 28,8° и связывающая способность воздуха 2,0 калорий. Итак, только при влажности помещений в 57%, мы получаем заданное равенство температур внутри и снаружи, в остальных

случаях температура помещений получается или меньше (при 60—70%) или больше (при 55%).

Желая в последнем случае сохранить заданное равенство температур внутреннего и наружного воздуха, мы должны изменить процесс. Найдем на диаграмме точку b_1 , характеризующую заданное конечное состояние воздуха в 55% влажности и 28°, на пересечении соответств. прямой и изотермы. Мы знаем, что в помещении процесс идет по линии постоянного влагосодержания, след. по вертикали bb_1 , с другой стороны мы знаем, что в камере процесс идет по линии постоянного теплосодержания, т. е. по линии 00_1 . Очевидно, что процесс в камере должен остановиться в этом случае на пересечении линии bb_1 с 00_1 в точке b , при насыщении 70%, и температуре около 21,9°. Очевидно, также, что связывающая способность воздуха измеряется в данном случае отрезком bb_1 и достигает всего 1,5 калорий. Сопоставляя величины отрезков Aa_1 , Aa_2 и bb_1 , мы видим, что при меньшей системе наибольший связывающий эффект воздуха, след. наименьший объем вентиляции получается при заданной степени влажности помещений в 57%, увеличивается, как при понижении, так и при повышении заданной влажности помещений.

Исследуя вопрос этим путем, мы все время приходим к тому результату, что при заданной степени влажности температура помещения при степенях влажности более 57% оказывается менее 28°, т. е. менее температуры в тени, например, при 70% всего 24,8°. Немножко возникает заключение, что повышение температуры помещения до 28° может соответственно увеличить связывающую способность воздуха и следовательно уменьшить объем вентиляции. Тогда, например, для случая 70% влажности помещения мы будем иметь конечную точку процесса C_1 , характеризующую изотермой 28° и кривой постоянной степени влажности 70%. Проводим через эту точку прямую C_1C до пересечения с кривой $\varphi = 90\%$, в точке C . Мы знаем, что процесс в помещении идет по линии постоянного влагосодержания, т. е. должен идти по линии CC_1 . Мы знаем, с другой стороны, что процесс в камере должен идти по линии постоянного теплосодержания C_1C и останавливается на 90% насыщения, след. процесс в помещении должен начинаться в точке C . Таким образом отрезок CC_1 представляет собой связывающую способность воздуха в этом случае. Одного взгляда на диаграмму достаточно, чтобы убедиться в том, что величины отрезков Aa_1 и CC_1 почти не отличаются друг от друга. Непосредственное измерение дает разницу около 0,5 мм, т. е. около 0,0125 калорий, величину совершенно ничтожную.

Разберем несколько подробнее сущность процесса в этом случае. Как видно из диаграммы, процесс в камере должен начинаться в этом случае в точке C_1 с температурой 28° и влагосодержанием около 15,5 гр. Чтобы получить такое начальное состояние воздуха мы очевидно должны смешать наружный воздух температуры 28° с влагосодержанием 10,95 гр с обратным воздухом той же температуры 28°, но с влагосодержанием 17,2 гр. Очевидно, что для этого должно быть удовлетворено уравнение

$10,95x + 17,2(1 - x) = 15,5$, где x относительный объем свежего воздуха и $(1 - x)$ относительный объем обратного. Это уравнение легко преобразуется в $\frac{x}{1 - x} = \frac{17,2 - 15,5}{15,5 - 10,95}$, т. е. отношение объемов свежего и обратного воздуха измеряется до диаграмме отношением отрезков $d_1d_2 : dd_2$. Процесс в этом случае может быть истолкован так, что при использовании одним свежим воздухом абсолютное влагосодержание воздуха не может быть поднято выше 13,95 и повышение абсолютного влагосодержания до 17,2 гр., соотв. температуре 28° и влажности 70% может произойти только за счет примеси обратного воздуха с высоким влагосодержанием. Но можно истолковать процесс и так, что низкое теплосодержание наружного воздуха не позволяет повысить испарение сверх 3 гр. на 1 кг. воздуха, примесь же обратного воздуха с высоким теплосодержанием позволяет повести испарение далее этого предела, т. е. уменьшить объем свежего воздуха. И действительно мы получаем в этом случае объем свежего воздуха приблизительно в 0,4 против полученной ранее величины, но к содержанию общей объем циркуляции смеси свежего и обратного воздуха при этом почти не уменьшается, а следовательно размеры системы и расход воды при этом остаются почти без изменения.

Но может быть повышение температуры помещений до 30° даст ощутительную разницу. Находим конечную точку процесса, характеризующую температурой 30° и влажностью 70%. Это будет точка e , на пересечении кривой $\varphi = 70\%$ с изотермой 30°. В помещении процесс должен идти по прямой ee_1 , выходящей из пересечения этой прямой с кривой $\varphi = 90\%$ в точке e . В камере же процесс идет по линии постоянного теплосодержания, т. е. в данном случае по линии ee_2 , начинающейся в точке e , при чем отрезок ee_2 по-прежнему определяет величину связывающей способности 1 кг. Непосредственные измерения определяют эту величину в 1,1 калории против 1,03 для типического случая. Такая малая разница легко объясняется по диаграмме малым расхождением, но крайней мере в пределах диаграммы, кривых $\varphi = const$. Очевидно, что от повышения внутренней температуры на 2° сверх наружной температуры в тени мы получаем при камерной системе совершенно ничтожный выигрыш, след. от такого способа пользования обратным воздухом следует отказаться.

В результате нашего подробного исследования получается, что при камерной системе, без доулаживания в помещениях, наименьший объем регенерации получается при заданной влажности помещений 57%, увеличиваясь, как при уменьшении, так и при увеличении степени влажности. Но этот вывод имеет абсолютное значение только в предположении, что насыщение в камере достигает 90%.

Если насыщение в камере будет иное, то линии будут величинами и связывающей способности воздуха и наилучшей степени влажности. Пусть, например, насыщение в камере увеличится до 95%. Тогда точка A опустится по линии постоянного теплосодержания O_1O_2 до не-

ресеения с кривой $\varphi = 95\%$, а точки а, и а, подымутся по кривым $\varphi = 70\%$ и $\varphi = 60\%$, точка же а передвинется вправо по изотерме 28° . В результате вертикальные расстояния точек А и а, а, и а увеличатся, а точка а кроме того приблизится к кривой $\varphi = 60\%$. Следовательно связывающая способность воздуха увеличится и наимыгоднейшая степень влажности будет более 57% , но легко видеть, что даже при полном насыщении в камере, последняя все же будет ниже 60% . При меньшем насыщении в камере все эти явления будут происходить наоборот, т.е. связывающая способность воздуха будет быстро падать, а с нею и наимыгоднейшая степень влажности, приближаясь к 55% , и даже опускаясь ниже этой величины.

Этим последним обстоятельством легко объясняется и то обыкновенное явление, что объем вентиляции, достаточный для камерной системы, оказывается недостаточным для системы отдельных приборов, в которых увлажнение происходит в вентиляционных коробах. Очевидно, что в этом случае воздух слишком короткое время остается в пространстве, где происходит пульверизация воды, и не успевает насытиться до 90% . Такое же явление будет очевидно и в том случае, если объем камеры недостаточно велик или вообще при расчете допущена ошибка в вычислении объема вентиляции в сторону его преуменьшения. В обоих случаях это равносильно тому, что связывающая способность воздуха принята чрезмерно высокой. Пусть, например, для заданной влажности помещений в 60% мы приняли связывающую способность воздуха, как измеряемому на отрезком Аа, а например, как измеряемому отрезком Аа₁. Тогда и температура воздуха подымется до $28,7^\circ$ и влажность помещений упадет до 55% . Правда, в этом случае пользование обратным воздухом может поднять влажность помещений, но вследствие малого расхождении кривых φ , это произойдет уже за пределами нашей диаграммы, при температуре что-нибудь около 40° , чего впрочем и следовало ожидать, приближая во внимание ранее полученные ничтожные результаты при попытке поднять температуру помещения до 30° . Само собою, обратная ошибка в сторону преувеличения объема вентиляции не принесет вредных последствий, так как закрытия регистра достаточно, чтобы уменьшить объем вентиляции до необходимого размера.

Прежде, чем идти далее, обратим внимание еще на следующее обстоятельство. При степенях влажности менее 57% , мы должны останавливать процесс в камере на степенях насыщения, меньших 90% . Если мы остановим этот процесс на степенях меньших 90% при влажности помещений более 57% , то объем вентиляции увеличится, так как тогда вертикальное расстояние между конечной точкой процесса в камере и соотв. кривой $\varphi = \text{const}$ уменьшится. Отсюда следует, что нельзя соединить в одну камеру помещения со степенями влажности меньшими и большими 57% , но, конечно, нет никаких препятствий к соединению в одну камеру помещений с разными степенями влажности, если все они превышают 57% , так как при всех степенях влажности более 57% мы доводим насыщение в камере до одной и той же величины 90% .

До сих пор мы рассуждали в предположении полного отсутствия притока в камеру тепла извне или потери наружу. Разумеется такое предположение не совсем верно. Но в летнее время, для которого ведется расчет системы, обмен тепла между воздухом помещения и наружным представляется собою ничтожную величину, которой мы свободно можем пренебречь, и только проходящая через камеру вода может внести в камеру или отнять от нее сколько нибудь значительное количество теплоты, имея в виду, что количество пульверизируемой воды много больше количества действительно испаряемой. Вспомни, что процесс в камере оканчивается при насыщении в 90%, при чем температура воздуха падает до 20,5°. Так как температура испаряемой воды должна быть близка к температуре мокрого термометра психрометра, то при 90% насыщении таковая будет около 20°. Следовательно, если температура пульверизируемой в камере воды близка к 20°, то неиспарившаяся вода должна покидать камеру приблизительно с той же температурой, с какой она вошла в камеру и, следовательно можно рассмотреть процесс в этом случае, как происходящий без притока тепла извне или потери наружу. Иное будет, если температура воды значительно отличается от 20°. Обратим внимание, что из всего количества пульверизируемой воды испаряется едва 3—4%, т. е. на каждый грамм испаряемой воды необходимо пульверизировать около 30 гр. Так как один кг. воздуха в камере растворяет 3 гр., то на каждый килограмм вентиляционного воздуха пульверизируется около 90 гр. Следовательно повышение или понижение температуры пульверизируемой воды в процессе испарения на 1° выделяет или связывает около 0,09 калорий, что составляет в начальную теплоемкость воздуха в 13,4 калории около 0,7%. Таким образом повышение температуры воды или понижение на 5° даст едва 3,5% избытка или потерю, — величину, которой практически можно пренебречь. Только в исключительных случаях, когда температура воды значительно разнится от 20° можно ожидать более существенных изменений процесса, например, если приходится пользоваться холодной артезианской водой в 8—10°. Тогда теоретически может случиться даже подсушивание воздуха вместо увлажнения и процесс будет совершенно обратен. Но необходимо отметить следующее обстоятельство. В жилых и в ткацких фабриках вентиляционные обмены летом достигают 8—17 кратных в час, следовательно, если отработавшую в камере воду мы пустим в циркуляцию, то в течении часа вода пройдет через камеру от 8 до 17 раз, с каждым разом все более и более приближаясь к температуре 20°. Таким образом в скором времени температура воды приблизится к 20° и далее останется на этом уровне, так как прибавка свежей холодной воды взамен испаренной, в количестве 3—4%, не может существенно изменить температуру воды. Эти соображения имеют одинаковое значение и в случае, если температура воды будет выше 20°. Общий вывод состоит в том, что при устройстве циркуляции воды, температура последней не имеет существенного значения при установившемся процессе и только при невозможности применить циркуляцию

должны быть приняты меры к поддержанию летом температуры воды на уровне, близком к 20° , и то только во времени пуска установки в ход.

Теперь переходим к исследованию процесса в системах, где кроме увлажнения в камерах, производится еще дополнительное увлажнение в самих рабочих помещениях. Преимущества этих систем в смысле уменьшения объемов вентиляции основываются на том, что охлаждение помещений при всяких системах увлажнения и вентиляции, по существу происходит за счет скрытой теплоты испаряемой воды. Отсюда следует, что чем более каждый килограмм воздуха испарит воды, тем меньших размеров должна быть вентиляция. Между тем, при исследовании камерного процесса мы видели, что воздух в камере обыкновенно может растворить только 3 гр. пара, после чего испарение прекращается. В то же время при заданной температуре помещений 28° воздух помещения может растворить еще некоторое количество пара и при том тем большее, чем выше степень заданной влажности. В камере процесс испарения останавливается, очевидно, по причине перехода всего запаса теплосодержания сухой части воздуха в теплосодержание пара и, если в последний момент мы доставим воздуху некоторое дополнительное количество теплоты, то испарение может продолжаться и далее. Но попытка наша использовать для этого теплоту обратного воздуха потерпела неудачу, расходуя на это свежий пар, в виде ли небережливой пульверизации пара в камере или в виде подогревания воздуха в калорифере было бы бесполезно, имея в виду огромный избыток этой теплоты в помещении и нашу задачу борьбу с этим избытком, и потому единственным правильным путем представляется небережливый подход этого избытка выделяемой в помещении теплоты к вентиляционному воздуху после выхода его из камеры. Разберем подробно процесс увлажнения в этом случае.

Мы видели, что, например, для 60% заданной влажности после выхода воздуха из камеры процесс останавливается в точке a_2 . Доставим в этот момент воздуху дополнительное количество теплоты, измеряемое отрезком a_2f_2 , и вслед за этим предоставим воздуху испарять воду. Очевидно, что процесс пойдет теперь по линии постоянного теплосодержания l_2 . Когда процесс дойдет до точки l , то влажность помещения будет 60% , и температура 28° . За время этого процесса подведено было сначала количество теплоты, измеряемое отрезком aa_2 и дополнительно, измеряемое отрезком a_2f_2 , общее количество тепла, доставленного воздуху, или что то же, сжимающая его способность оказывается в этом случае 2,26 калорий против 1,64 для случая камеры без доувлажнения.

Попутно отметим, что горизонтальное расстояние линии AA_2 от точки O по прежнему даст величину испарения в камере, т.е. 3 гр. и, очевидно, что горизонтальное расстояние точки l от той же вертикали AA_2 даст величину испарения в помещении, в данном случае около 0,7 грамма на 1 кг. воздуха. Как ранее было упомянуто, количество приборов местного размывания имеет довольно существенное значение для равномерности распределения температуры и влажности

в помещении. Чтобы несколько увеличить это количество, т. е. количество воды, испаряемой в помещении, на счет количества, испаряемого в камере, мы должны остановить процесс в камере ранее насыщения в $90\frac{1}{2}\%$. Теоретически можно и совсем не проводить воздух через камеру, впуская его непосредственно в помещение и результаты в смысле объема вентиляции будут те же. В самом деле, продолжим прямую 0_1 до пересечения ее в точке 1_1 с вертикалью, проходящей через точку 0 . При входе свежего воздуха в помещение доставим ему количество теплоты, измеряемое отрезком $0_1 1_1$, и предоставим вслед за тем воздуху испарять воду. Процесс пойдет по той же линии постоянного теплового содержания $1_1 1$ и окончится в той же точке 1 . Очевидно величина отрезка $0_1 1_1$ и $1_1 1$, следовательно, и в этом случае сглаживающая способность воздуха остается без изменения. Остается без изменения и количество испаряемой воды, равное горизонтальному расстоянию точек 0 и 1_1 и только весь процесс испарения перейдет в помещение. Отсюда следует, что объем вентиляции в этом случае не зависит от степени насыщения в камере, а, следовательно, установка приборов местного увлажнения с некоторым избытком дает полное обеспечение для достижения достаточной влажности помещений.

Но, если теоретически и можно впускать свежий воздух непосредственно в помещение, то на практике это поведет к нежелательным явлениям. Во первых, для правильной циркуляции необходимо, чтобы приточный воздух имел температуру ниже температуры помещения, т. е. только при этом условии приточный воздух будет иметь стремление вниз, в рабочую зону, и вытеснить вверх нагреваемые машинами и людьми. Между тем, без предварительного, хотя бы частичного, увлажнения в камере воздух сохраняет свою первоначальную температуру и правильная циркуляция будет нарушена. Во вторых, при этом вблизи мест выхода не увлажненного, сухого воздуха, влажность в помещении будет недостаточна, поэтому вблизи приборов местного распыливания может наоборот оказаться чрезмерная влажность воздуха. Помимо этого, что вообще совершенная система увлажнения в камерах с доувлажнением в коридорах представляется сравнительно новой и вопрос об относительном месте расположения выходящих отверстий для воздуха и приборов местного распыливания воды представляется довольно неслышим. С одной стороны такие приборы нельзя устанавливать слишком близко к выходам вентиляционного воздуха, т. е. воздушная струя легко может превратить тонкую водяную пыль в крупные капли, падающие в виде дождя, что недопустимо. С другой стороны установка таких приборов слишком далеко от выходов воздуха может создать среднюю зону, в которой влажность будет недостаточна, тогда как вблизи приборов влажность будет чрезмерна. Поэтому необходимо установить тщательные наблюдения за выполненными установками этого рода, чтобы на будущее время получить более надежные указания о месте расположения приборов распыливания по отношению к местам выхода в помещение вентиляционного воздуха.

Во всяком случае можно сказать, что понижение влажности воздуха, выходящего из камеры, нежелательно и может быть допущено только в очень небольшом размере.

До сих пор мы рассуждали так, как будто все количество теплоты, измеремое отрезком O_1A_1 , доставляется воздуху сразу и только после этого начинается испарение. На самом деле это, конечно, не так. Но мы можем мысленно разбить этот процесс на какое угодно число отдельных процессов, в которых тепло доставляется воздуху последовательно небольшими количествами, с последовательным же испарением воды большими количествами, напр., представить процесс в виде ломаной $O_0g \dots f_1$, причем приток тепла изображается вертикальными линиями, а последующее испарение наклонными линиями постоянного тепло-содержания. Элементарные геометрические соображения показывают, что как бы велико ни было число переломов этой линии, т.е. как бы плавно ни шел процесс, сумма вертикальных отрезков этой ломаной всегда будет равна отрезку O_1A_1 , или, что то же, отрезку A_1C_1 .

Из вышесказанного следует, что при применении доувлажнения в помещениях, при 60% заданной влажности, мы имеем уменьшение объема вентиляции в отношении 1,64:2,26, т.е. приближ. на 27%.

При более высоких степенях влажности помещений отношение это будет гораздо благоприятнее. Напр., при 70% процесс пойдет по линии $O_1A_1C_1$, и связывающая способность будет измеряться отрезком A_1C_1 и примет величину 3,8 калорий, т.е. отношение будет 1,05:3,8, с уменьшением на 72% и, очевидно, что, чем выше заданная влажность помещений, тем меньше будет объем вентиляции, что составляет полную противоположность камерной системе, в которой объем вентиляции возрастал с повышением заданной влажности помещений. Вместе с тем ясно, что вышесказанное отношение обращается в единицу при влажности помещений не превосходящих 57%, почему эта система не применима для низких степеней влажности помещений.

В противоположности камерной системе, в этом случае еще более значительное уменьшение вентиляции получается при допущении поднятия температуры помещений на 2° над наружной температурой в зимнее время. Тогда даже при низких степенях влажности мы получим значительно больший связывающий эффект воздуха. Без подробных разъяснений, по диаграмме видно, что в этом случае процесс, в зависимости от величины заданной влажности помещений пойдет по линии $O_1A_1B_1$, для 55% со связывающим эффектом 2,95 против 1,5 при камерной системе; по линии $O_1A_1D_1$ для 60% со связывающим эффектом 3,8 против 1,64 и по линии $O_1A_1E_1$ для 70% со связывающим эффектом 5,5 против 1,05 калорий.

Из этого как будто бы вытекает, что, если возможно по условиям производства, применение системы с доувлажением, то всегда следует ее рассчитывать на повышение внутренней температуры над наружной. Но это не совсем так. В самом деле, до сих пор мы рассматривали только случаи предельной расчетной температуры и с первого взгляда может показаться, что расчет вентиляции на равенство температур, или

5. 1832349

на превышение внутренней температуры над наружной на 2° , поведет и при более низких наружных температурах к такому же равенству или небольшому превышению температуры. Но это совсем не так.

Выберем для исследования такой случай, который можно считать довольно типичным. После жаркого и относительно сухого дня к вечеру температура начинает падать и опускается до уровня 20°C , т.-е. 16°F . В то же время относительная влажность воздуха естественно возрастает, ожидается выпадение росы, и значит в этом случае следует принять влажность наружного воздуха во крайней мере 80% . Найдём точку K на пересечении изотермы 20° с кривой $\varphi = 80\%$. Ведём в камере процесс по линии постоянного теплосодержания KK_1 до точки K_1 насыщенная в 90% . Объём вентиляции у нас уже определен, следовательно определена и связывающая способность воздуха. При расчете камерной системы на равенство температур и 55% влажности, связывающий эффект по нашему расчету измерился отрезком KK_2 . Откладываем величину этого отрезка по вертикали от точки K , получаем точку K_3 , которая показывает, что влажность помещения будет в этом случае приблизительно 62% . Это слишком большая против заданной степеней влажности, след. испарение в камере мы должны уменьшить. Подъемемся по прямой KK , до тех пор пока точка K_3 не окажется на кривой $\varphi = 55\%$, в точке K_4 . Оказывается, во-первых, что одновременно точка K_4 совпадает с точкой K , след. увлажнения в камере в этом случае не требуется, наружный воздух и без того достаточно влажен. Во-вторых, оказывается, что точка K_4 находится на изотерме 26° , след. температура помещения превосходит температуру наружного воздуха на 6° .

Поступая так же для 60% заданной влажности, мы получим точку m как раз на кривой $\varphi = 60\%$, при температуре помещения $25,3$, для 70% имеем точку n , на кривой $\varphi = 69\%$, и изотерме $22,8^{\circ}$. Следовательно, в этих случаях имеем превышение внутренней температуры над наружной на $5,3$ и соотв. $2,8^{\circ}$.

При расчете на равенство температур системы с доувлажнением в помещении мы имеем связывающий эффект, измеренный для 60% влажности отрезком MM_1 , для 70% отрезком MM_2 . Откладываем эти величины по вертикали, проходящей через точку K_1 , получаем точки v и u , показывающие состояние воздуха по выходе из камеры и сообщении ему всего приходящегося на 1 кг. количества теплоты. Испарение в помещении изменит далее состояние воздуха по направлению линий постоянного теплосодержания uv и uv_1 , причем конечные точки процесса оказываются для 60% влажности на изотерме $26,1^{\circ}$, для 70% на изотерме $26,2^{\circ}$.

При расчете на превышение предельной температуры помещения мы получим точно таким же образом на вертикали, проходящей через точку K_1 , точки q_2 для 55% , q_1 для 60% , и u_2 для 70% , с окончанием процессов в точках, q_2 , q_1 и q_2 , на кривых $\varphi = 55,60$ и 70% и на изотермах $28,1$, $28,2$ и $28,4^{\circ}$.

Следовательно, в то время, как при расчете на равенство температуры внутри помещения и снаружи мы имеем летом в среднем темпе-

ратуру помещений в пределах 23—26°, т. е. по крайней мере на 2° ниже предельной наружной температуры в тени, при расчете на повышенную температуру помещений, работа в течение почти всего лета будет производиться при температуре равной предельной наружной и даже при более высокой температуре. Мы полагаем, что такие длительные условия работы вредны для допустимых как с точки зрения гигиены рабочих, так и с точки зрения интересов производства, т. к. это неминуемо должно повести к падению производительности труда и вредно отразиться на качестве продукции.

Кроме того, необходимо отметить, что, когда мы кладем в основание расчета наружную температуру воздуха в тени 28° с 45% влажности, то тем самым допускаем, что при менее благоприятных метеорологических условиях температура помещений повысится сверх расчетного предела и таким образом указанные 2° должны составить необходимый резерв надежности расчетов. При расчете же на повышенную температуру этот резерв исчезает.

Прежде чем оставить диаграмму, мне хотелось бы наглядно объяснить еще вопрос о возможности устройства удовлетворительной вентиляции текстильных фабрик в местностях с жарким климатом. Разберем для примера наиболее часто встречающийся в практике случай заданной степени влажности 60%. В таких местностях мы смело можем поднять предельную температуру помещений до 30 и даже до 32°. Возьмем порный случай с конечной точкой процесса в h на пересечении кривой $\varphi = 60\%$ с изотермой 30°. При камерной системе процесс в помещении идет, как нам уже известно, по вертикальной прямой ht , с конечной точкой в камере t на кривой $\varphi = 96\%$. Очевидно, что в этом случае связывающая способность воздуха измеряется отрезком th , равным 1,75 калорий. Между тем для тех же 60% влажности в умеренном климате мы имеем всего 1,64 калорий. След. в данном случае мы как будто имеем возможность пользоваться даже меньшим объемом вентиляции, чем в умеренной полосе. Далее, т. к. в камере процесс идет по линии постоянного теплосодержания, т. е. по прямой ht , то очевидно, что эта последняя прямая представляет собою геометрическое место точек, показывающих каково д. б. соотношение температуры и влажности наружного воздуха, чтобы объем вентиляции не превосходил величины, соответствующей вышеуказанному связывающему эффекту 1,75 калорий. Идя по этой прямой мы видим, что для этого при влажности наружного воздуха в 50% температура в тени д. б. не выше 30°, при 45% не выше 31°, при 40% не выше 32,5°, при 35% не выше 34°, при 30% может доходить почти до 36°, а при 20% приближит. до 40° в тени. Следовательно, чем суше климат, тем более он приближается к климату пустыни, тем легче делается задача устроить вентиляцию и только в климате жарком и влажном объем вентиляции д. б. значительно увеличен сравнительно с объемом вентиляции, необходимым в наших широтах, но очевидно, что, допуская крайнее повышение температуры помещения до 32°, мы получим возможность без больших затруднений устроить удовлетворительную вентиляцию и при более влажном климате.

Для того, чтобы из полученных на диаграмме данных получить сравнение между собою результаты, необходимо еще принять во внимание суммарный расход силы на вентиляцию и на пульверизацию воды. Чтобы дать хотя ориентировочные цифры в этом отношении, мы определили прежде всего количество воздуха на 1000 выделяемых в помещении калорий в кг. и куб. в час, считая вес 1 куб. воздуха для состояния его по выходе из камеры 1,155 кг. Далее статическое сопротивление для всех систем принято одинаковое, именно 25 мм. вод. ст., что, вместе с нормальным скоростным напором дает 40 мм. водного сопротивления и около 0,25 л. с. на 1000 куб. в час. Далее определен по диаграмме вес растворимой в 1 кг. воздуха воды с одной стороны в камере, с другой стороны в помещении. Поскольку эти величины на вес вентиляционного воздуха, мы имеем вес испаряемой в камере и помещения воды в кг. в час на 1000 калорий. В помещении должны быть приравнены приборы наиболее совершенного распыливания, поэтому мы для сравнения приняли в этом случае систему воздушной пульверизации инж. Зотикова, в которой расход воды на 1 кг. распыленной (и испаряемой) воды составляет, по крайней мере, 0,08 л. с. Для пульверизации в камерах выгоднее употребить приборы относительно грубого распыливания. При этом из всего количества пульверизируемой воды испаряется 3—4%. Мы приняли в среднем пульверизацию 30 кг. воды на 1 кг. испаряемой. Давление же воды, под которым происходит пульверизация, принято в среднем 6 атм. Тогда при коэффициенте полезного действия водоснабжения 0,5 имеем для расхода силы на 1 кг. испаренной воды воды выражение $\frac{30 \cdot 60}{3600 \cdot 75 \cdot 0,5} = 0,0133$ л. с.

Таким путем мы подсчитаем все величины, необходимые для сравнения величины расхода силы различными системами, но у нас остается еще неизвестной сравнительная стоимость оборудования. Этот вопрос представляется чрезвычайно сложным, но мы, не претендуя на точность, попытались получить цифры для сравнения след. ориентировочным путем.

Во-первых, практика, как довоенного, так и настоящего времени, показывает, что стоимость оборудования всякой системы вентиляции, понимая под оборудованием вентиляторы, железные короба и calorifersы, не зависит от того, будет ли система централизована или состоит из ряда меньших установок. И в том и в другом случае стоимость оборудования на 1 куб. вентиляционного воздуха в час остается постоянной и для настоящего времени выражается в среднем цифрой в 350 руб. за 1000 куб. в час, против довоенной стоимости около 100 руб. Таким образом нетрудно определить по вычисленному объему вентиляционного воздуха стоимость оборудования вентиляции для всякой системы.

Полученные таким образом цифры имеют для наших целей достаточно точность в случаях старых фабрик, где всегда устраиваются железные вентиляционные короба и для тех новоустроенных фабрик, в которых проектируются также железные короба. Для тех фабрик, где вентиляционные короба имеют органическую связь с конструкцией пере-

крытий, эти цифры не могут дать точных результатов, т. к. в зависимости от принятой конструкции здания, такие каналы иногда могут стоить очень дорого, иногда же не стоят почти ничего. Все же в среднем можно принять, что стоимость коробов, имеющих органическую связь с конструкцией здания, бывает выше, чем железных, и потому при сравнении нижепоказанных данных всегда нужно иметь в виду, что относительная стоимость оборудования передвигается в сторону, неблагоприятную для систем, требующих больших объемов воздуха.

При камерной системе к этому присоединяется еще стоимость камеры. К определению ее стоимости мы подошли след. путем. Обыкновенно в камере скорость воздуха принимается в пределах 2,5—3 метров в секунду. Поэтому площадь сечения камеры на 1000 куб. воздуха в час составляет от $\frac{1000}{3600 \cdot 2,5}$ до $\frac{1000}{3600 \cdot 3}$ или от 0,11 до 0,09, в среднем 0,1 кв.

Т. к. камера обыкновенно имеет поворот, то площадь сечения надо удвоить, т. е. имеем 0,2 кв. Обыкновенная длина камер 10 м, поэтому объем камеры будет 2 куб. Переводя внутренний объем на внешнюю кубатуру, имеем приближ. 3 куб. При средней цене 1 куб. постройки в настоящее время в 20 руб., имеем таким образом стоимость камер на 1000 куб. воздуха в час 60 рублей.

Стоимость моторов с монтажем и проводкой примем в среднем по 200 руб. за силу, тогда из величины расхода силы легко определить стоимость моторов. Выборка на счет дала среднюю стоимость оборудования камер пульверизаторами, включая блок соотв. водопровод, отстойные бассейны и насосы, в 50 коп. за 1 кг. распыленной воды. Т. к. на 1 кг. испаренной воды приходится 30 кг. распыленной, на 1 кг. испаренной воды это дает стоимость оборудования в 15 руб. Наконец, стоимость оборудования местных пульверизаторов воздушной системы, включая водо- и воздухопроводы, компрессор и фильтры, составляет около 300 руб. на аппарат, что при производительности аппаратов 3,5 кг. в час дает стоимость устройства около 85 руб. на 1 кг. испаренной в помещении воды.

На основании всех изложенных данных нами вычислена прилагаемая таблица, дающая хотя и весьма приблизительные, но вполне достаточные для сравнения ориентировочные цифры. В ту же таблицу в особых графах включены и выведенные выше температуры помещений для случаев предельной расчетной температуры снаружи в тени 28° с одной стороны и 20° с другой.

Все цифры приведены для случаев заданной влажности помещений 5%, 57, 60, 70% и для каждого из этих случаев в отдельности даны в особых графах приведенные к единице цифры расхода силы и стоимости оборудования, причем за единицу всегда принимались цифры, относящиеся к камерной системе.

В таблицу включены след. случаи. Для степеней влажности помещений 60 и 70%, случаи: 1) камерной системы в ее чистом виде (в таблицах указана под названием „камерная“); 2) системы местных приборов

Системы вентиляции	Сила эфект 1 кг воздух	Воздуха на 1000 ккал/ч.		Испаряется воды на 1000 ккал/ч.		Расход воды на 1000 ккал/ч.				
		Вес кг.	объем куб.м.	В кал.- ре. кг.	В по- мощ. кг.	Вентил. д. с.	Пулв. и аэро- ре д. с.	Пулв. и аэро- ре д. с.	Венти. д. с.	
										Венти. д. с.
Заданная влажность помещений 55%										
Камерная	1,50	667	577	1,63	—	0,144	0,022	—	0,166	
Местная	1,50	667	577	1,63	—	0,144	0,022	—	0,166	
Камерная с доувлажн.	2,95	339	294	1,02	0,34	0,072	0,014	0,027	0,113	
Местная										
Камерная с доувлажн.	2,95	339	294	0,83	0,53	0,072	0,011	0,042	0,125	
Местная										
Заданная влажность помещений 57%										
Камерная	1,85	540	469	1,62	—	0,117	0,022	—	0,139	
Местная	1,81	662	573	1,62	—	0,143	0,022	—	0,163	
Камерная с доувлажн.	3,30	330	290	0,90	0,48	0,065	0,012	0,038	0,115	
Местная										
Камерная с доувлажн.	3,20	300	260	0,74	0,64	0,065	0,010	0,031	0,126	
Местная										
Заданная влажность помещений 60%										
Камерная	1,94	610	528	1,83	—	0,132	0,024	—	0,156	
Местная	1,34	742	647	1,83	—	0,162	0,024	—	0,186	
Камерная с доувлажн.	3,25	444	385	1,33	0,31	0,096	0,018	0,025	0,139	
Местная										
Камерная с доувлажн.	3,25	444	385	1,09	0,54	0,096	0,014	0,044	0,154	
Местная										
Камерная с доувлажн.	3,80	263	228	0,79	0,63	0,057	0,010	0,050	0,117	
Местная										
Камерная с доувлажн.	3,80	263	228	0,64	0,78	0,057	0,008	0,062	0,127	
Местная										
Заданная влажность помещений 70%										
Камерная	1,05	952	824	2,85	—	0,206	0,038	—	0,244	
Местная	0,84	1190	1030	2,85	—	0,257	0,038	—	0,293	
Камерная с доувлажн.	3,80	263	228	0,79	0,84	0,057	0,010	0,067	0,134	
Местная										
Камерная с доувлажн.	3,80	263	228	0,64	0,99	0,057	0,008	0,079	0,144	
Местная										
Камерная с доувлажн.	5,50	182	157	0,56	0,95	0,039	0,007	0,076	0,112	
Местная										
Камерная с доувлажн.	5,50	182	157	0,45	1,05	0,039	0,006	0,084	0,129	
Местная										

Стоимость устройства на 1000 кв.м/час.						Относительные			Температ. пом. при наружн. температуре	
Вспыл. Рублей	Камеры Рублей	Моторов Рублей	Диаметр в диаметре Рублей	Диаметр в высоту Рублей	Всего Рублей	Объем вентиляции	Расход силы	Стоимость устр.	28°	20°
201,93	34,60	33,20	24,45	—	294,20	1,00	1,00	1,00	28	26,8
201,93	—	33,20	24,45	—	250,60	1,00	1,00	0,88		
102,90	17,65	22,00	15,30	28,90	187,35	0,51	0,68	0,64	30°	28
102,90	—	25,00	12,45	45,05	185,40	0,51	0,75	0,63		
164,25	28,15	27,50	24,30	—	244,50	1,00	1,00	1,00	28	26,2
200,55	—	33,00	24,30	—	257,85	1,22	1,22	1,06		
91,00	15,60	23,00	13,50	40,80	183,90	0,55	0,83	0,75	30	29,2
91,00	—	23,20	11,10	54,40	181,70	0,55	0,91	0,74		
184,80	31,70	31,20	27,45	—	275,15	1,00	1,00	1,00	27,2	25,4
226,55	—	37,20	27,45	—	291,20	1,22	1,19	1,06		
134,75	23,10	27,80	19,95	26,35	229,95	0,73	0,89	0,83	28	26,1
134,75	—	30,80	16,35	45,90	227,80	0,73	0,98	0,83		
79,80	13,70	23,40	11,85	53,80	182,25	0,43	0,75	0,66	30	28,2
79,80	—	25,40	9,90	66,30	181,10	0,43	0,81	0,66		
288,40	49,45	48,80	42,75	—	429,40	1,80	1,00	1,00	24,8	22,9
360,50	—	50,00	42,75	—	462,25	1,25	1,21	1,08		
79,80	13,70	20,80	11,85	71,40	203,55	0,28	0,55	0,47	28	26,2
79,80	—	28,80	9,00	84,15	202,35	0,28	0,59	0,47		
54,90	9,40	22,40	8,25	80,75	175,75	0,19	0,46	0,41	30	28,4
54,90	—	25,80	6,75	89,25	178,75	0,19	0,53	0,41		

с пульверизацией в вентиляционных трубах (в таблице названа „местная“), обе системы только для случаев расчета на равенство предельных температур воздуха помещения и наружного, так как мы видели, что повышение расчетной температуры в этом случае не уменьшает объемов вентиляции; 3) случая камерной системы с доувлажнением в помещении; 4) тоже местной системы с доувлажнением, обе рассчитанные на равенство температур внутри и снаружи (это обстоятельство отмечено в таблице знаком $T_{в} = T_{с}$); 5) камерной с доувлажнением и 6) местной с доувлажнением, но рассчитанных на повышение предельной температуры помещений на 2° против температуры наружного воздуха в тени (в таблице отмечено знаком $T_{в} = T_{с} + 2^{\circ}$).

Для степеней влажности 55% и 57% помещены данные только для случаев 1, 2, 5 и 6, так как согласно заключений, к которым мы пришли ранее, доувлажнение в этих случаях, без расчета на повышение внутренней температуры, не приводит ни к каким результатам.

Внимательное сравнение цифр в таблице приводит к следующим заключениям. Прежде всего последние графы показывают, что в случае применения доувлажнения и при слишком скудном объеме вентиляции летняя температура помещений превышает среднюю летнюю температуру в тени на $8-9^{\circ}$, когда как при некотором увеличении объема вентиляции эту разницу легко свести к $5-6^{\circ}$. К тому же разница первоначальной стоимости устройства, а также и расхода сил, оказывается в том и другом случае невелика, колеблясь в пределах $13-20\%$. Мне кажется, что последнее обстоятельство сильно говорит в пользу устройств с более обильной вентиляцией, так как сплошная работа при температуре в пределах $28-30^{\circ}$ в течение всего лета, как это отмечалось выше, нежелательна ни с точки зрения гигиены рабочих, ни с точки зрения производительной.

Исключая поэтому из рассмотрения случаи повышенной температуры, и сравнивая между собою остальные цифры таблицы, мы приходим к следующему. При степенях заданной влажности 60 и менее % стоимость устройства различных систем различается весьма мало, доходя максимум до 17% . Имея в виду, что при наших приблизительных соотношениях нельзя претендовать на большую точность, можно сказать, что при влажности 60% и менее этот фактор может не приниматься во внимание. Но при высоких степенях влажности разница стоимости устройств с доувлажнением получается весьма значительная и быстро растущая вместе с увеличением влажности помещений в пользу системы с доувлажнением.

Также и по отношению к расходу сил системы с доувлажнением имеют огромные преимущества перед системами без доувлажнения, если заданная степень влажности высока, при небольшой же влажности помещений разница в расходе сил и в том и другом случае почти не существует. Сравнивая же между собою систему камерную с местными приборами, можем заключить, что при устройстве доувлажнения стоимость устройства и расход сил в обоих случаях не меняются. Но при отсут-

ствии доувлажнения расход силы получим в среднем на 20% (с колебанием 19—22%) больше при системе местных приборов, за исключением случая весьма низкой (55%) влажности, когда расход силы в том и другом случае получается одинаковый.

Заключившая на этом сравнение различных систем между собою, обращаем внимание, что со всех точек зрения выбор системы в значительной степени определяется заданной степенью влажности помещений, а также предельной допустимой температурой. Между тем в этом отношении замечается большая разногласия и совершенно неясно выработанных норм для степени влажности в отдельных помещениях. Поэтому ясно, что вопрос о влиянии степени влажности и температуры помещений на различные процессы прядения и ткачества требует возможного уточнения.

II. По вопросу о требованиях, предъявляемых к вентиляции фабрик со стороны органов охраны труда, можно сказать следующее. В одной из статей закона выставлено требование о том, чтобы летом температура помещений не превышала наружной температуры в тени более, чем на 2°. На расчетах, которой мы здесь представляем, видно, что такое требование представляется невыполнимым и при рассмотрении проектов обыкновенно допускается отступление от этих требований, но размер этих отступлений бывает в разных случаях неодинаков. Точно также и по отношению к допустимой степени влажности не имеется требований точно определенных и в разных случаях допускаются различные пределы влажности. Писающие нормы относительно наименьшего объема вентиляции говорят о 60 куб. свежего воздуха на человека в час, причем имеется смягчающая оговорка, что эта норма д. б. соблюдена лишь до пределов средней температуры отопительного периода, след. для центральной области до—5°. На практике допускаются значительные отступления от этого и в последнее время нормы объема повышались сначала до 50 куб., а теперь даже до 40 куб., но с повышением требования относительно предельной температуры наружного воздуха, которая в последнее время обыкновенно определялась в—15°. Есть и такие требования, как напр., о том, чтобы при пользования обратным воздухом объем свежего воздуха составлял не менее 15% общего объема циркуляции. Все эти требования не имеют под собою ни научных оснований, ни оснований в законе и предъявляются довольно произвольно, вследствие чего создается довольно путанное положение. Мы не можем сказать, чтобы во всех случаях требования эти были чрезмерны, но неопределенность выказ требований сильно затрудняет выбор системы и согласование проекта вентиляции с требованиями промышленности и требованиями к строительной части проекта. Поэтому уточнение этих требований представляет настоятельную необходимость. Впрочем недавно НКТУ* выработал кодекс правил, которые должны предъявляться к устройству промышленных предприятий, который подвергнулся рассмотрению в ВСНХ. В выработанном ВСНХ варианте этих правил требования к отоплению и вен-

тиляции в достаточной степени понижены и уточнены и надо надеяться, что в скором времени вопрос этот потеряет свою остроту.

III. Нижнепомещаемые эскизы дают некоторое понятие о том, каким образом строительная часть вновь возводимых прядильных и ткацких фабрик согласуется с требованиями, обуславливаемыми устройством вентиляции и увлажнения.

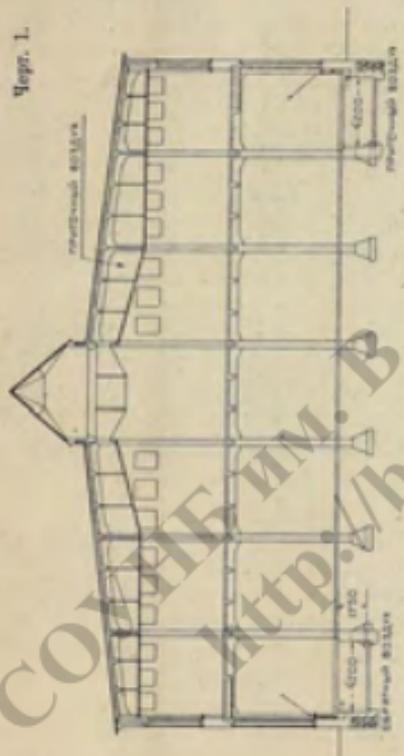
Каналы приточного и обратного воздуха. На чертеже 1 показан поперечный разрез ф-ки Пятковская на 100.000 веретен. В первом этаже с правой стороны виден разрез подпольного приточного канала в пригатовательном отделе. Этот канал соединяется со щельми, устроенными в подоконках со стороны банкаброшей, через которые воздух и входит в помещение. С левой стороны имеется такой же обратный канал и циркуляция воздуха идет по направлению от банкаброшей к чесальным, создавая таким образом несколько пониженную влажность и пониженную температуру у банкаброшей и повышенную температуру при пониженной влажности со стороны чесальных. Летом, когда пользование обратным воздухом не применяется, для выхода избытка воздуха, в окнах со стороны чесальных проектированы форточки. На чертеже 2 оба канала, приточного и обратного воздуха показаны в плане.

Для второго этажа той же фабрики, в которой размещены ватера, приточные каналы образуются, с одной стороны, верхней железобетонной, почти плоской крышей, соотв. утепленной и, с другой стороны, подвешенной к верхнему покрытию подшивкой „Рабиц“. Таким образом, с обеих сторон светового фонаря образуются 2 большого сечения приточных канала, из которых воздух выходит через большое количество отверстий в подшивке, равномерно распределенных по всему помещению. Каналы обратного воздуха устроены поперечные, в торцах здания и изображены на чертеже 11. Летний выход избыточного воздуха через форточки в окнах обоих продольных стен.

На черт. 3 изображены каналы приточного воздуха Тверской ф-ки на 120.000 веретен. В первом и втором этажах, из которых первый занят машинками пригатовательного отдела, а второй — частью банкаброшами, частью шпульными и сновальными машинками, устроено по 3 приточных канала по длине здания. Эти каналы представляют собою железобетонную легкую подшивку, подвешенную к продольным железобетонным балкам, покоящимся на консолях поперечных прогонов. Выход воздуха в помещение через ряд отверстий в нижней подшивке. Обратный канал в 1-м этаже этой фабрики устроен подпольный, со стороны чесальных, как и в предыдущем примере. Во 2-м этаже обратные каналы поперечные, в торцах здания.

На том же чертеже 3 виден приточный канал 3-го этажа, в котором помещены ватера. Этот канал, имеющий ширину, почти равную ширине здания, образован таким образом, что потолочное покрытие средней части корпуса между крайними колоннами поднято, сравнительно с крайними пролетами и в уровень с покрытием последних устроена

Черт. 1.

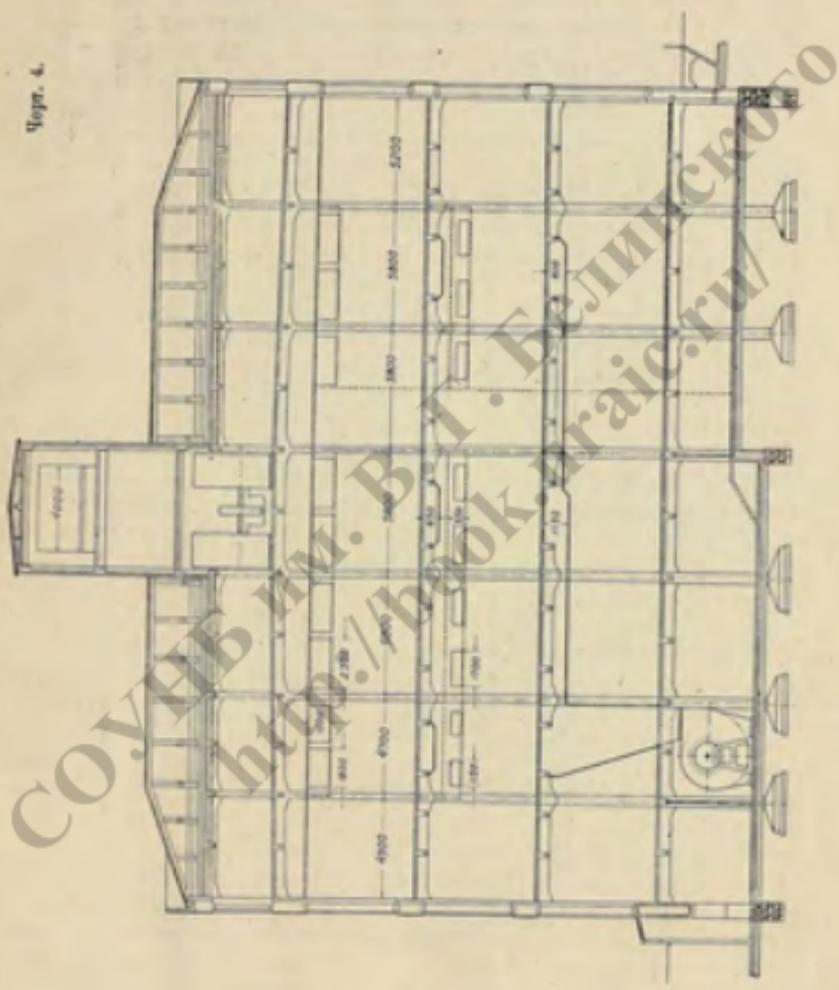


Черт. 2.



Солнц. им. В. Г. Белинского
<http://book.шаис.ру/>

Черт. 4.



подшивка „Рабиц“. Выход через отверстия в подшивке. Обратные каналы 3-го этажа видны на чертеже 4, каналы поперечные в торцах здания.

Черт. 5 представляет поперечный разрез ф-ки Владгубтекстиля на 100.000 веретен. Здесь междуэтажные перекрытия устроены в виде продольных железных прогонов на чугунных колоннах, с железными поперечными армированными балочками поверх прогонов, на которых балочках положена железобетонная плита. В первом этаже, с приготовительными машинами, простая подшивка „Рабиц“ по нижним полкам железных прогонов образует достаточного размера приточный канал. В двух верхних этажах, занятых по преимуществу ватерами, такая подшивка дает каналы недостаточного сечения, поэтому здесь применены простые железные короба, подвешенные к поперечным балочкам, числом по 6 коробов в каждом этаже. Летний выход избыточного воздуха, как и в предыдущих случаях через форточки в окнах продольных стен. Каналы обратного воздуха для зимней вентиляции во всех трех этажах поперечные в торцах здания (пунктир черт. 5).

Отметим, что как в этом, так и во всех предыдущих случаях поперечных каналов обратного воздуха, торцы здания заняты служебными помещениями и относительно небольшое понижение высоты этих помещений насчет подшивки обратных каналов, не имеет существенного значения.

На черт. 6 изображены каналы приточного воздуха шедовой постройки ткацкой ф-ки в Ленинском из 2.500 ткацких станков. Здесь шедовое покрытие устроено таким образом, что колонны размещены попеременно через 3,8 и 7,8 м. Каждая пара колонн с расстоянием в 3,8 м. связана сверху сплошной железобетонной балкой, а вдоль колонны соединены между собою железобетонными прогонами. Сверху покоится железобетонная плита с соотв. утеплением. Легкая подшивка под прогонами образует вдоль шедов верхний приточный канал с отверстиями для выхода воздуха в подшивке. Между каждой парой таких колонн помещается сверху шарнирная деревянная ферма со светлыми вертикальными рамами и вся конструкция рассчитана на сопротивление землетрясениям. Подача воздух в эти верхние приточные каналы производится по подземным каналам (см. правый канал на черт. 7 и левый — на чертеже 8). Для этого стены, отделяющие ткацкую от соседних служебных помещений, идущие поперек шедов, сделаны пустотелые, с шириною просвета 630 мм. (см. черт. 8). Ряд перегородок разделяет это промежуточное пространство на ряд вертикальных каналов, выходящих снизу и приточный подземный канал, сверху в верхние приточные каналы.

На тех же чертежах 7 и 8 видны подземные обратные каналы (слева на черт. 7 и справа на черт. 8). Т. к. забор обратного воздуха производится частью снизу, частью — сверху, то в той же пустотелой стене устроены вертикальные опускаемые каналы, соединяющиеся снизу с подземным обратным. Таким образом, в пустотелой стене вертикальные каналы идут через один, с одной стороны для при

точного, с другой — для обратного воздуха. Летом выход избыточного воздуха через форточки в шедовых рамах.

На черт. 9 изображен поперечный разрез ткацкой ф-ки в Челябинске на 4.500 станков. Конструкцией здания — железные прогоны вдоль здания на чугунных колоннах, с покоящимися на прогонах поперечными армированными железными балочками и железобетонной плитой. Здесь применено доувлажнение воздуха в самих помещениях. Приточные каналы продольные, по середине коридора, железобетонные. От них идут поперечные круглые железные приточные короба в расстоянии 12 м. друг от друга, с выходами в виде отверстий, расположенных, приблизительно, под углом в 45° вверх. Между этими коробами размещаются pulverизаторы свет. инж. Зотикова.

Вход свежего воздуха и отверстия для обратного.

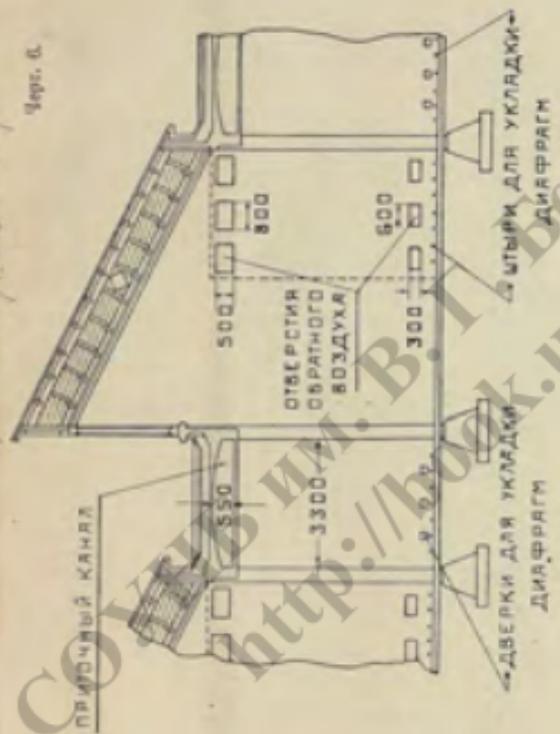
На черт. 2 изображен в плане вход свежего воздуха через приемки, устроенные в некотором отдалении от корпуса. Эти приемки соединяются подземными каналами с камерами, служащими для вентиляции 1-го этажа; один из таких каналов показан в разрезе на черт. 11. Отверстия обратного воздуха 1-го этажа, как уже было сказано, представляют собою щели, в подоконниках. Для 2-го этажа обратные отверстия в торцовой стене изображены на черт. 1 и 11.

Такие же отверстия в торцовых стенах для обратного воздуха изображены на чертеже 4 для 2-го и 3-го этажей Тверской ф-ки (для 1-го этажа эти отверстия не изображены, чтобы не затемнить на чертеже устройства подачи воздуха) и на черт. 5 для всех трех этажей Владимирской фабрики. Ранее было отмечено, что место забора обратного воздуха не имеет существенного значения и такое расположение отверстий обратного воздуха позволяет обходиться без дорогих продольных каналов.

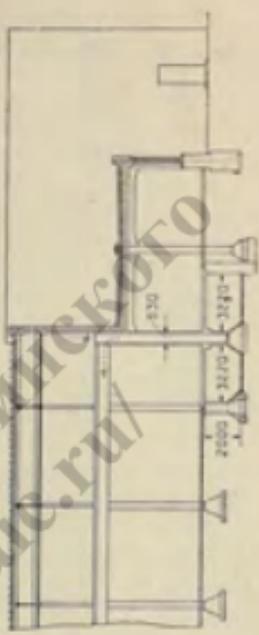
Вход свежего воздуха для 2-го этажа ф-ки Нитекстиля происходит через жалюзи в чердаке надстройки для камер и свежий воздух вступает сначала в пространство между верхним покрытием и потолком камер, см. черт. 11 вверху. Тут же видны отверстия обратного воздуха, лежащие в обратной поперечный канал.

В Ленинградской ф-ке камеры помещаются в отдельной пристройке к корпусу и свежий воздух поступает через жалюзи в боковых стенах камер (черт. 14 и 15). Отверстия обратного воздуха, как было указано, устраиваются частью сверху, частью внизу помещения, сверху для удаления нагретого испорченного воздуха, внизу в целях создать некоторое движение воздуха вниз для возможного удаления пыли. Чтобы регулировать вытяжку из отдельных вертикальных каналов, внизу поперечной стены имеется ряд поперечных штырей (черт. 6), на которых через нижние обратные отверстия легко уложить диафрагмы в виде простых листов крепельного железа. Такие же штыри и диафрагмы предусмотрены и для вертикальных каналов приточного воздуха, со специальными, герметически закрывающимися, дверцами для укладки диафрагм.

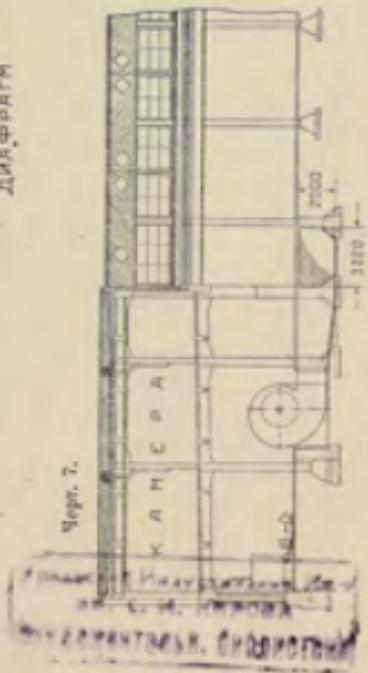
Черт. 6.



Черт. 8.



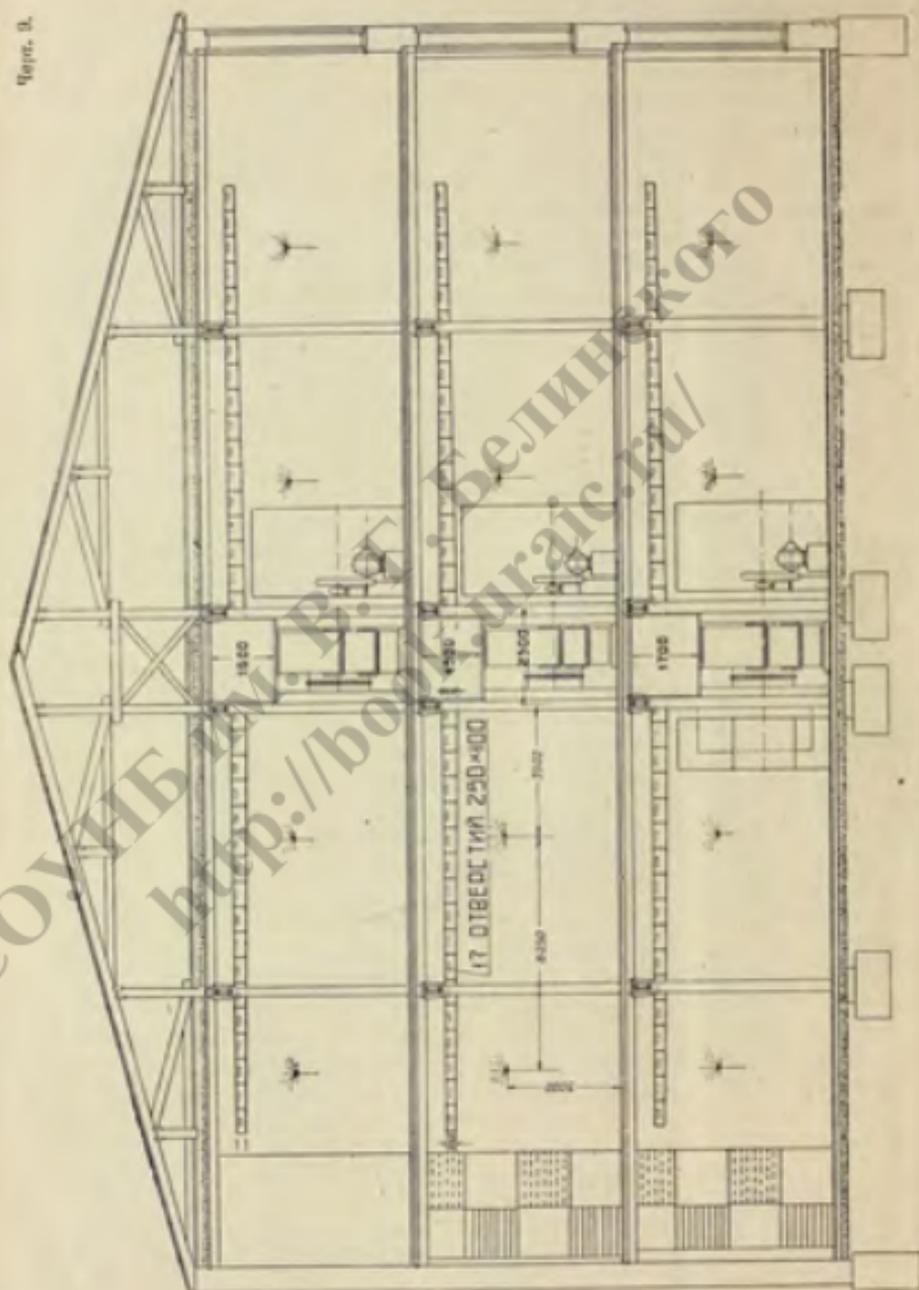
Черт. 7.



Солнцев И. В. И Величко

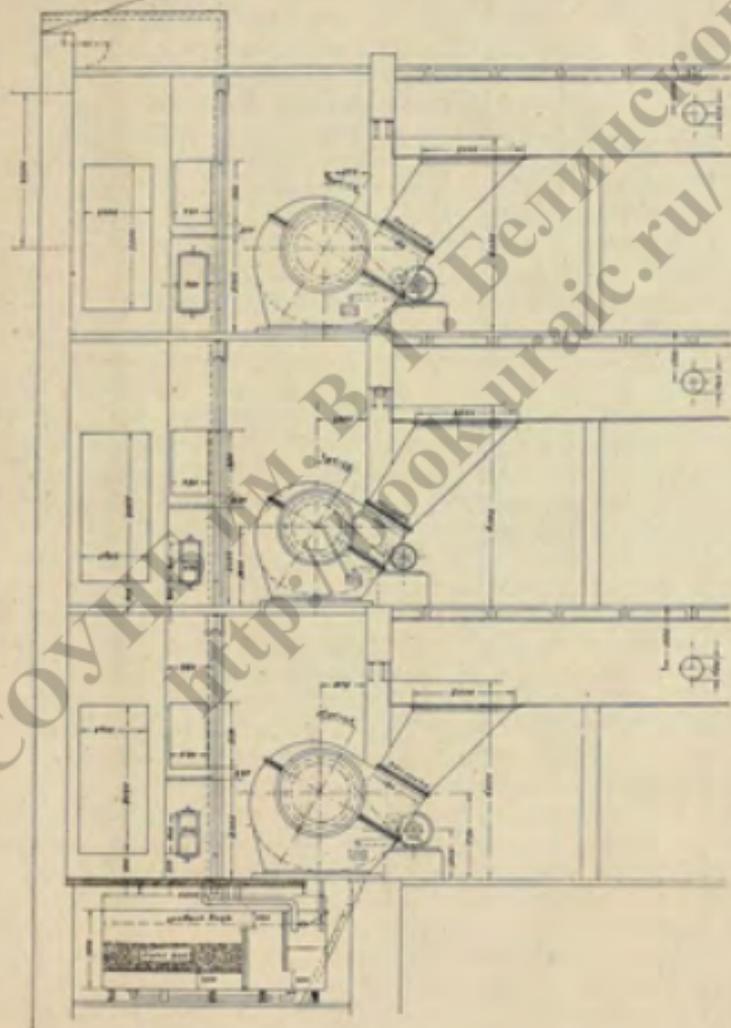
<http://book.uia.ru/>

Черт. 9.



Черт. 10.

Разрез по JK.



Вход свежего воздуха в Челябинской фабрике проектирован для лета в виде отверстия сверху торцевой стены, размером 3200×1700 мм. (черт. 10), откуда свежий воздух опускается вниз по вертикальной боковой шахте и входит через окна 1400×3000 мм. в камеры, расположенные во всех трех этажах. Для зимнего времени имеется особая шахта меньшего сечения, с забором воздуха выше летнего и подводом его в шахте по чердаку. Специальных отверстий для обратного воздуха здесь совсем не имеется и обратный воздух выходит из помещения непосредственно через широкие проемы в торцевой стороне здания (черт. 9 и 10), омытая по пути к камере вентиляторы и моторы.

Подогрев вентиляционного воздуха зимой.—В преддверии фабриках во всех помещениях зимой имеется всегда большой избыток теплоты, требующий и зимой охлаждения помещений и таким образом приток свежего воздуха в объеме норм НКТ и даже много выше обеспечивается без подогрева воздуха. В ткацких, соотв. относительно большому количеству рабочих и меньшему выделяемой теплоты, необходим подогрев. На черт. 14 показано расположение пластинчатых калориферов тотчас за входом свежего воздуха в жалюзи для Денинканской фабрики, а на черт. 10 ясно изображены калориферы, помещенные по этажно в стенке вертикальной зимней шахты.

Устройство камер и их расположение.—Все камеры имеют однообразное устройство. Для примера см. черт. 12, увлажнительных камер 3-го этажа Тверской фабрики. Свежий воздух здесь поступает сверху через вертикальную шахту, обратный из поперечного обратного канала через отверстие в покрытии этого канала. Для ясности см. разрез подобной камеры Итекстизла на черт. 11. Как отверстия свежего воздуха, так и отверстия обратного снабжаются регулируемыми клапанами. От клапанов смесь свежего и обратного, а летом только свежий воздух движется по мокрой части камеры, в которой расположены пульверизаторы воды. Здесь воздух промывается, увлажняется и охлаждается. В конце мокрой части камеры воздух делает крутой поворот назад, при чем омывает дырчатый железный полуцилиндр. Под влиянием центробежной силы выскрипшиеся капли воды отбрасываются за полуцилиндр и воздух движется обратно по второй, сухой половине камеры, насыщенной парами воды, но без примеси водных капель.

Расположение камер в зависимости от местных условий получается самое разнообразное. Прежде всего отметим, что для каждого отдельного помещения лучше всего проектировать и отдельную камеру. В огромном большинстве случаев это не представляет никаких затруднений, так как большие размеры вновь возводимых фабрик заставляют делать не только по отдельной камере для каждого помещения, но по две и даже по четыре на каждый зал, чтобы избежать чрезмерно громоздких камер и вентиляторов. Для фабрики Итекстизла, для 1-го этажа проектированы 2 камеры в подвале (черт. 2), а для 2-го этажа 4 в надстройке над вторым этажом торцевой части корпуса. Последние изображены в разрезе на черт. 11, справа разрез по мокрой части, слева по сухой

части камер. Для Тверской фабрики камеры 1-го и 2-го этажей расположены в подвале, по одной для каждого этажа в торцевых частях корпуса (черт. 13). Для 3-го этажа той же фабрики по 2 камеры с каждого торца в надстройках над 3-м этажом, черт. 12 в плане и черт. 4 в разрезе.

Для камер Ленинкаканской фабрики проектированы 2 особые пристройки, в каждой из которых помещены по 2 параллельных камеры во втором этаже пристройки, черт. 15 в плане, черт. 7 в разрезе (воздушная часть).

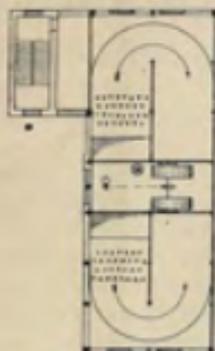
Расположение вентиляторов. По большей части всасывающее отверстие вентиляторов примыкает непосредственно к сухой части камер, например, на чертежах 2, 4, 9, 10, 11, 12, 13. Но иногда удобнее расположить вентиляторы ниже камер, примером чему может служить Ленинкаканская фабрика, черт. 7 и 14. Тогда подготовленный в камере воздух подводится к вентиляторам из сухой части камеры по вертикальному опуску (см. также черт. 15). Выдувное отверстие вентиляторов на черт. 2 примыкает непосредственно к приточному подземному каналу. На черт. 4 изображено, как приточное отверстие вентилятора, помещенного в подвале, примыкает к вертикальному расширяющемуся каналу, подающему воздух в 1-й этаж. Аналогично этому в этой фабрике устроена и подача воздуха из подвала во второй этаж. На том же черт. 4 показано, что вентиляторы для 3-го этажа установлены непосредственно на приточном канале, с надувными отверстиями, направленными вниз.

На черт. 11 показано выдувное отверстие левого вентилятора, направленное вблиз здания. Железные большого сечения рукава соединяют эти выдувные отверстия с приточными каналами 2-го этажа, черт. 1. На черт. 7 показано опять непосредственное примыкание выдувного отверстия вентилятора к приточному подземному каналу. На черт. 10 выдувные отверстия вентиляторов направлены восо вверх и соединяются железными рукавами с продольными каналами черт. 9.

Отстойные бассейны для образной воды и насосы—большую часть помещаются ниже камер и таким образом обратная вода из камер стекает непосредственно в отстойный бассейн, где фильтруется и с добавкой свежей подается центробежным насосом к пульверизаторам камер. Примером этому служат чертежи 7 и 10. В плане на черт. 2 видно подобное же устройство. Здесь камеры имеют небольшую высоту, вентиляторы помещены в углублении перед камерами и под выдувными рукавами вентиляторов помещены бассейны и насосы. В Тверской фабрике углубление бассейнов и насосов в землю ниже камер было невозможно и здесь проектированы отдельные центробежные насосы, перекачивающие воду, стекающую из нижних камер, в отстойные бассейны. В те же бассейны вода из верхних камер стекает самотеком.

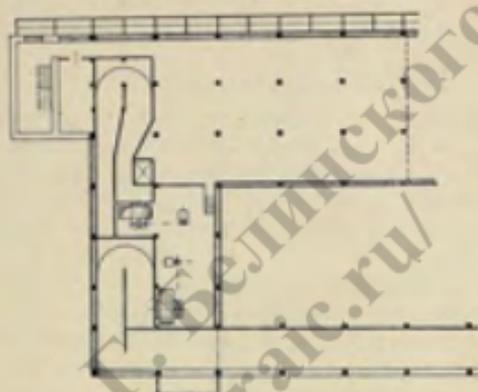
Черт. 12.

ПЛАН УВЛАЖНИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ
в 4^м ЭТАЖЕ



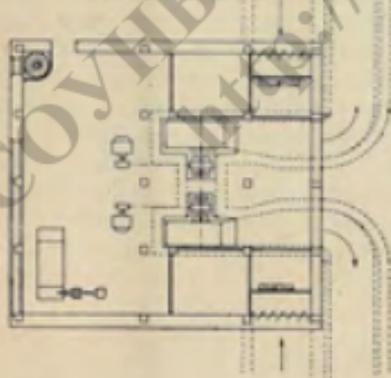
Черт. 13.

ПЛАН КАМЕР В ПОДВАЛЕ



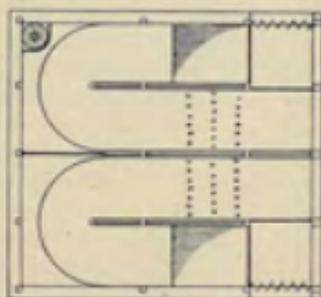
Черт. 14.

ПЛАН ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ КАМЕРЫ
в 15 ЭТАЖЕ



Черт. 15.

ПЛАН ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ КАМЕРЫ
в 2^м ЭТАЖЕ



Из вышесказанного краткого описания различных устройств увлажнения и вентиляции новых фабрик вытекает, что вопросы о расположении и конструкции камер, каналов, вентиляторов и др. частей оборудования не допускают какого либо однообразного решения и все эти вопросы тесно связаны с родом производственных машин, общим планом фабрики и выбранным типом перекрытий и согласование всего этого, особенно с конструкцией перекрытий, требует внимательного каждый раз обсуждения и разрешается только индивидуально для каждой фабрики отдельно.

Единственно, что можно здесь отметить, это что подача воздуха производится преимущественно сверху. Даже в тех редких случаях, когда, как это указано для фабрики Интекстиял черт. 1, подача происходит в подоконниках на высоте 1, 2 м. от пола, воздух все же направляется сначала вверх и потом постепенно распространяется по помещению. Такая подача воздуха вверх основывается на следующих соображениях.

Вентиляционный воздух всегда имеет температуру более высокую, чем средняя температура помещения и при выходе его из верхних отверстий, приточный воздух имеет стремление опускаться вниз, вытесняя вверх нагреваемый выделяющейся в помещении теплотой более легкий воздух, который выходит летом через форточки верхних стекол, а зимою частью через вентиляционные наружных ограждений, частью в отверстия обратного воздуха, помещаемые также сверху помещения. Таким образом создается удовлетворительная циркуляция, не причиняющая беспокойства рабочим. Кажущаяся с первого взгляда совершенно естественной мысль о подводе свежего, охлажденного воздуха непосредственно к машинам, как к источникам выделения теплоты, должна быть отвергнута при более внимательном обсуждении вопроса. Температура приточного воздуха бывает зимою на 4°, а летом 7° и более ниже средней температуры помещения, и подвод воздуха снизу может явиться в этом случае источником беспокойства для рабочих и даже повести к простудным заболеваниям. Только в местностях с жарким климатом, когда температуру помещения летом не удастся понизить далее 30—32°, может оказаться полезным часть воздуха направить опускными трубами вниз, чтобы создать местные воздушные души, повышающие кожное испарение и улучшающие самочувствие рабочих. Целесообразность удаления отработанного воздуха через верхние стекла окон наружу или через верхние отверстия в обратный канал на основании изложенных соображений понятна сама собою.

О влиянии температуры воды на процесс увлажнения воздуха.

Доволение к докладу.

По вопросу о влиянии температуры воды на процесс испарения в камере я мог сообщить на Конференции лишь те общие соображения, которые были предусмотрены в заготовленной мною к Конференции докладе. После Конференции вопрос был вновь подвергнут более подробному теоретическому исследованию и я нахожу полезным теперь же поделиться полученными мною результатами.

Для исследования обращаемся к той же $J-d$ диаграмме, часть которой здесь помещается. Мы займемся более интересным вопросом влияния холодной артезианской воды, так как случаи вынужденного пользования водой с температурой выше 20° встречаются редко и меры борьбы с влиянием температуры воды в этих случаях гораздо проще. В самом деле вполне понятно, что в этом случае результатом будет увеличенная влажность и повышенная температура помещений. С первой бороться легко уменьшением пульверизации, а усиленное испарение теплой воды само собою быстро понизит ее температуру и таким образом, при циркуляции воды, скоро установится процесс, близкий к исследованному нами случаю температуры воды в 20° , при которой с совершенно достаточной степенью точности можно считать, что процесс в камере идет по исследованному нами пути, без прихода тепла извне и потерь наружу.

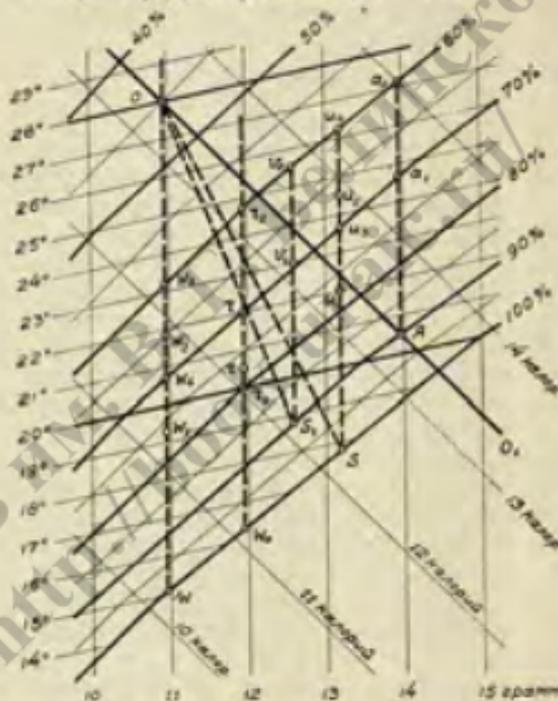
Кроме того, мы, конечно, займемся здесь исключительно случаем камерной системы без доувлажнения в помещениях, так как система с доувлажением позволяет без опасения применять для пульверизации холодную воду, что было отмечено и моими оппонентами.

Исходим из прежнего нашего предположения предельной температуры наружного воздуха 28° в тени при 45% относительной влажности, каковое состояние определяется на диаграмме точкой O. В случае холодной, ниже 20° воды процесс пойдет уже не по линии постоянного теплового содержания OO_1 , а ниже ее, например, по линии O_2 . В зависимости от температуры воды, при прочих равных обстоятельствах, процесс закончится или по-прежнему на насыщении в 90% или пойдет дальше и закончится полным насыщением или даже часть пара, растворенного

в воздухе, будет конденсирована, т. е. наступит явление подсушивания воздуха, вместо его увлажнения. Но во всяком случае теплосодержание воздуха в конце процесса будет во всех этих случаях меньше начального, которое для 28° и 45% влажности определяется в 13,4 калории на 1 кг. сухого воздуха.

Означим теплосодержание воздуха в конце процесса через J , его влагосодержание через d и температуру через t . Тогда, пользуясь приближенными уравнениями, что является вполне достаточным для нашего исследования, имеем:

$$J = 0,24 t + (0,595 + 0,00047 t) d \dots (1)$$



С другой стороны мы знаем, что нормально 1 кг. сухого воздуха растворяет в камере 3 гр. пара, причем испаряется 3—4% от всего количества пульверизируемой воды и таким образом на 1 кг. сухого воздуха пульверизируется до 100 гр. воды. Примем температуру пульверизируемой воды в 8° и предположим самый неблагоприятный для нас случай, что вся проходящая через камеру вода успеет в конце процесса принять температуру, близкую к температуре воздуха t . Тогда нагретые 100 гр. воды от 8° до t свяжет $0,1 (t-8)$ калорий и начальное теплосодержание воздуха 13,4 калории понизится в конце процесса до

$$= 13,4 - 0,1 (t - 8) \dots (2)$$

Приравнявая первое выражение второму, имеем уравнение $0,24t + (0,595 + 0,00047t) d = 13,4 - 0,1(t - 8)$ (3).

Решая это уравнение по t , имеем

$$t = \frac{14200 - 595d}{350 + 0,47d} \quad (4).$$

Подставляя в это выражение последовательно различные величины d и отыскивая на диаграмме точки на кривых $\varphi = 90\%$ и $\varphi = 100\%$, для которых соотношения d и t удовлетворяют выражению (4), получаем для $\varphi = 90\%$ точку s_1 с $d = 12,6$ и $t = 18,8^\circ$, для $\varphi = 100\%$, точку s с $d = 13,2$ и $t = 17,8^\circ$. В первом случае, откладывая от точки s_1 величины отрезков A_1a_1 и A_1a_2 , которые определяют связывающий эффект воздуха для 70 и 60% заданной влажности в нормальном случае, мы получим точку v_1 на изотерме 23° и почти в точности на кривой $\varphi = 70\%$ и точку v_2 , как раз на пересечении кривой 60% с изотермой $25,5^\circ$. Таким образом, в том случае, если насыщение в камере ограничится 90%, то в результате мы получаем в обоих случаях заданную степень влажности, но при температурах несколько более низких, чем в нормальном случае.

В том случае, если насыщение в камере достигает 100%, мы точно так же, откладывая от точки s отрезки A_1a_1 и A_1a_2 , получаем точку u_1 на изотерме 22° и кривой 77%, и u_2 на изотерме $24,5^\circ$ и кривой насыщения 67%. В этом случае мы получаем чрезмерную влажность, но нетрудно, уменьшением объема вентиляции, т. е. увеличением количества теплоты, приходящегося на 1 кг. воздуха, переместить точки u_1 и u_2 на соответствующие кривые насыщения в 70 и 60% в точки u_3 и u_4 , при чем температуры будут $23,7$ и $26,2^\circ$, т. е. и в этом случае в результате получаем заданную влажность при температурах несколько более низких, чем в нормальном случае.

Предыдущий вывод верен только для случая, когда количество пульверизируемой воды не превосходит нормальных 100 гр. на 1 кг. сухого воздуха. Если же пульверизация превысит эту величину, то процесс пойдет ниже линии O_2 или O_3 и может даже до подсушивания воздуха, когда влагосодержание последнего сделается меньше начального, которое, как показывает диаграмма, составляет 10,95 гр. на 1 кг. сухого воздуха. Совершенно очевидно, что прямая Ow представляет собою границу, вправо от которой происходит еще некоторое испарение в камере, влево же начинается подсушивание. Не менее очевидно, что подсушивание начнется не прежде, чем воздух достигнет насыщения в 100%, т. е. тогда, когда процесс достигнет точки w . Если это произойдет, то откладывая по-прежнему от точки w величины отрезков A_1a_1 и A_1a_2 , соотв. численным связывающим способностям воздуха для 70 и соотв. 60% заданной влажности, мы получим точки w_1 и w_2 . Точка w_1 показывает, что в этом случае влажность помещения будет 63% при температуре почти 22° и нетрудно, подобно предыдущему, уменьшением объема вентиляции перенести точку w_2 в w_1 на кривую

$\phi = 60\%$ и изотерму $23,2^\circ$ и таким образом для заданной влажности 60% вопрос решается благополучно.

Хуже обстоит дело со степенью заданной влажности помещений в 70% . Тогда при перенесении точки w_1 в точку w_2 мы, правда, получаем заданную степень влажности 70% , но при слишком низкой для производственного процесса температуре, менее 21° . Но в нашем распоряжении имеется еще обратный воздух. Можно считать, что в среднем наименьшая температура помещений может быть допущена в 22° . Найдем точку τ , характеризующую состояние воздуха помещения с 22° и 70% влажности. Если теперь мы будем пользоваться исключительно обратным воздухом и предположим, что процесс идет как раз на границе подсушивания, то воздух будет выходить из камеры в состоянии характеризуемом точкою w_2 (при насыщении 100%). Откладывая вверх по прежнему отрезок Aa_1 , связывающий эффект воздуха, мы получим точку τ_2 , которую соотв. уменьшением объема вентиляции ветрудно перенести в точку τ и таким образом получить нужный нам эффект.

Переходя теперь от случая предельной наружной температуры 28° к случаю, который мы приняли, как типичный средний, наружной температуры 20° и 80% влажности, при чем начальное состояние воздуха характеризуется на диаграмме точкой t_1 , ветрудно видеть, что в этом случае конечные результаты могут быть легко получены в точках τ и τ_2 на той же прямой $d \leftarrow$ см. в., как и в последнем разобранным нами случае.

Имея в виду, что по количеству занятых рабочих в прядильных фабриках потребное количество свежего воздуха по норме обыкновенно составляет ничтожную величину по отношению к общему объему вентиляции, можно сказать, что прирост к обратному свежего воздуха и минимальном количестве по норме не изменит существенно полученного результата, но, во всяком случае, мы видим, что при высоких степенях заданной влажности чрезмерно холодная вода как будто может помешать получить необходимый эффект в смысле увлажнения. Но это не совсем так.

В самом деле, наши предыдущие рассуждения не касались вопроса о количестве пульверизируемой воды и мы только отметили, что процессе пойдет не по нормальному пути, а ниже прямой постоянного тепло-содержания, в случае, если количество пульверизируемой воды будет более 100 гр. на 1 кг. воздуха. Попытаемся теперь определить действительное количество воды, которое должно быть пульверизируемо, чтобы наступило начало подсушивания воздуха.

Обратимся опять к диаграмме. При пользовании одним свежим воздухом конечное состояние в камере характеризуется в этом случае точкой w с тепло-содержанием около 10,3 калории, тогда как начальное тепло-содержание было 13,4 калории и, следовательно, 1 кг. воздуха должен потерять при этом 3,1 калории. В то же время изотерма $15,1^\circ$, на которой лежит точка w , очевидно представляет собою предельную температуру, до которой может быть при этом нагрета вода. Итак, вода может нагреться самое большее на $(15,1 - 8) = 7,1^\circ$ и, чтобы 1 кг. воздуха мог потерять 3,1 калории, необходимо, чтобы на счет этой потери

нагрелось на $7,1^\circ$ количество воды $\frac{3,1}{7,1} = 436$ грамм. Другими словами, для того, чтобы процесс подсушивания действительно начался, необходимо распыливать в камере, по крайней мере, 436 гр. воды на каждый килограмм воздуха, т. е. почти в 4,5 раза более против нормы. Для случая пользования обратным воздухом имеем точно таким же образом конечное теплосодержание воздуха 11,1 кал., начальное 12,5 калории, предельная температура воды в камере $16,2^\circ$ и необходимый размер пульверизации $\frac{1,4}{8,2} = 170$ гр., т. е. в 1,7 раза более против нормы. Только для начального состояния наружного воздуха 20° и 80% влажности имеем начальное теплосодержание 12 калорий, конечное—11,1 кал. и предельную температуру воды— $16,2^\circ$, следовательно, необходимый размер пульверизации $\frac{0,9}{8,2} = 110$ грамм, всего на 10% более нормы.

На основании вышеизложенного, мы можем прийти к заключению, что при камерной системе увлажнения и вентиляции при данных степенях влажности помещений менее 70%, вредное влияние холодной воды на увлажнение помещений может оказаться только при отсутствии циркуляции воды и притока, если количество пульверизируемой воды превышает нормальное. В случае наступления неблагоприятных явлений, борьба с ними должна заключаться в уменьшении пульверизации воды или уменьшении объема вентиляции или в том и другом одновременно.

При степенях заданной влажности более 70%, неблагоприятное влияние холодной воды может, конечно, выступить более рельефно, но такие случаи мы можем оставить без рассмотрения, так как при таких высоких степенях влажности, объем вентиляции при камерной системе получается чрезмерно большим и является необходимость прибегать к доувлажнению в помещениях, при котором температура воды не имеет существенного значения. В то же время производства, в которых требуется влажность более 65%, обыкновенно не страдают от присутствия в воздухе тонкой водяной пыли и доувлажнение здесь может свободно применяться.

Придя к вышеизложенным заключениям о малом влиянии холодной воды в обыкновенных случаях увлажнения фабрик, я, конечно, не вывожу из этого невозможности подсушивания воздуха при помощи воды в других случаях и, например, наложу, что борьба с высокой температурой и высокой влажностью в помещениях мокрого прядения или мокрого кручения должна заключаться именно в устройстве увлажнения, при чем иногда для этого достаточно даже воды обыкновенной температуры. Но иногда, например, в жарком и влажном климате, борьба с чрезмерной температурой и влажностью возможна только с помощью очень холодной воды и тогда, как видно из предыдущего, пульверизация должна быть достаточно обильна, а время пребывания воздуха в камере достаточно продолжительно.

57202 / 1.5.11.11

**ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ И ПОСТУПИЛИ
В ПРОДАЖУ**

НА СКЛАД ИЗДАНИЙ ПОСТОЯННОГО БЮРО
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОНФЕРЕНЦИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ:

**ЛЕНИНГРАДСКИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ЗАВОДЫ
И ЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ**

Составлено по материалам Экскурсионной комиссии
ПБЭКПТ инж. А. К. Шадриным. Стр. 143 с иллюстр.

Цена 1 р. 50 к., в переплете — 1 р. 90 к.

**ПАРАФИНИСТЫЙ МАЗУТ
И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ**

Составлено инж. Н. И. ЧЕРНОЖУКОВЫМ и инж.
Г. М. ГРИГОРЯН. Стр. 52 с иллюстр., Цена 1 р. 20 к.

**В БЛИЖАЙШЕЕ ВРЕМЯ ВЫЙДЕТ
ИЗ ПЕЧАТИ**

**ТРУДЫ III ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

(в 7-ти выпусках).

На складе Постоянного Бюро ЭКПТ

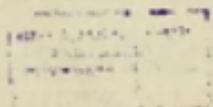
(Москва, ул. Рамина, быв. Варварна, д. 20).

ИМЕЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ ИЗДАНИЯ БЮРО:

- | | |
|--|----------|
| 1) Труды 1-ой Теплотехнической Конференции Текстильной Промышленности | 5 р. — |
| 2) Проф. А. А. Надежин. — „Рациональное сжигание дров и торфа“ | — 50 „ |
| 3) Проф. Е. С. Мешков. — „Интенсификация торфодобыывания и достижения торфяной техники“ | — 30 „ |
| 4) Проф. А. И. Ставровский, проф. П. М. Соловьев и инж. Р. Грановский. — „Сжигание подмосковного угля“ | 1 „ |
| 5) Инж. В. Э. Кричевский. — „Текстильные фабрики и районные электростанции“ | — 50 „ |
| 6) Инж. С. И. Водопинский. — „Использование пара на фабриках тонких суков“ | — 90 „ |
| 7) Инж. В. И. Транцун. — „Электрический одиночный привод ситцепечатных машин“ | 2 „ 20 „ |
| 8) Инж. С. И. Кричевский. — „Основные черты электрического оборудования“ | 1 „ 40 „ |
| 9) Резолюция 2-й Энергетической Конференции Текстильной промышленности | — 30 „ |
| 10) Труды 2-ой Энергетической Конференции текстильной Промышленности (в 5 выпусках) | 10 „ — „ |
| 11) Текстильные фабрики СССР | 2 „ — „ |
| 12) Торфяники СССР с приложением 4-х карт торфяных болот | 5 „ — „ |
| 13) Ленинградские машиностроительные заводы и электроцентралы составлено инж. Шадриным без переплета | 1 „ 50 „ |
| в переплете | 1 „ 90 „ |
| 14) Инж. Н. И. Черножуков и инж. Г. М. Григорян — „Парафинистый мазут и его применение“ | 1 „ 20 „ |
| 15) Резолюция Энергетической Конференции Текстильной Промышленности | — 30 „ |

□□ В БЛИЖАЙШЕЕ ВРЕМЯ ВЫЙДУТ ИЗ ПЕЧАТИ □□
ТРУДЫ III ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ (в 7-ти выпусках). ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

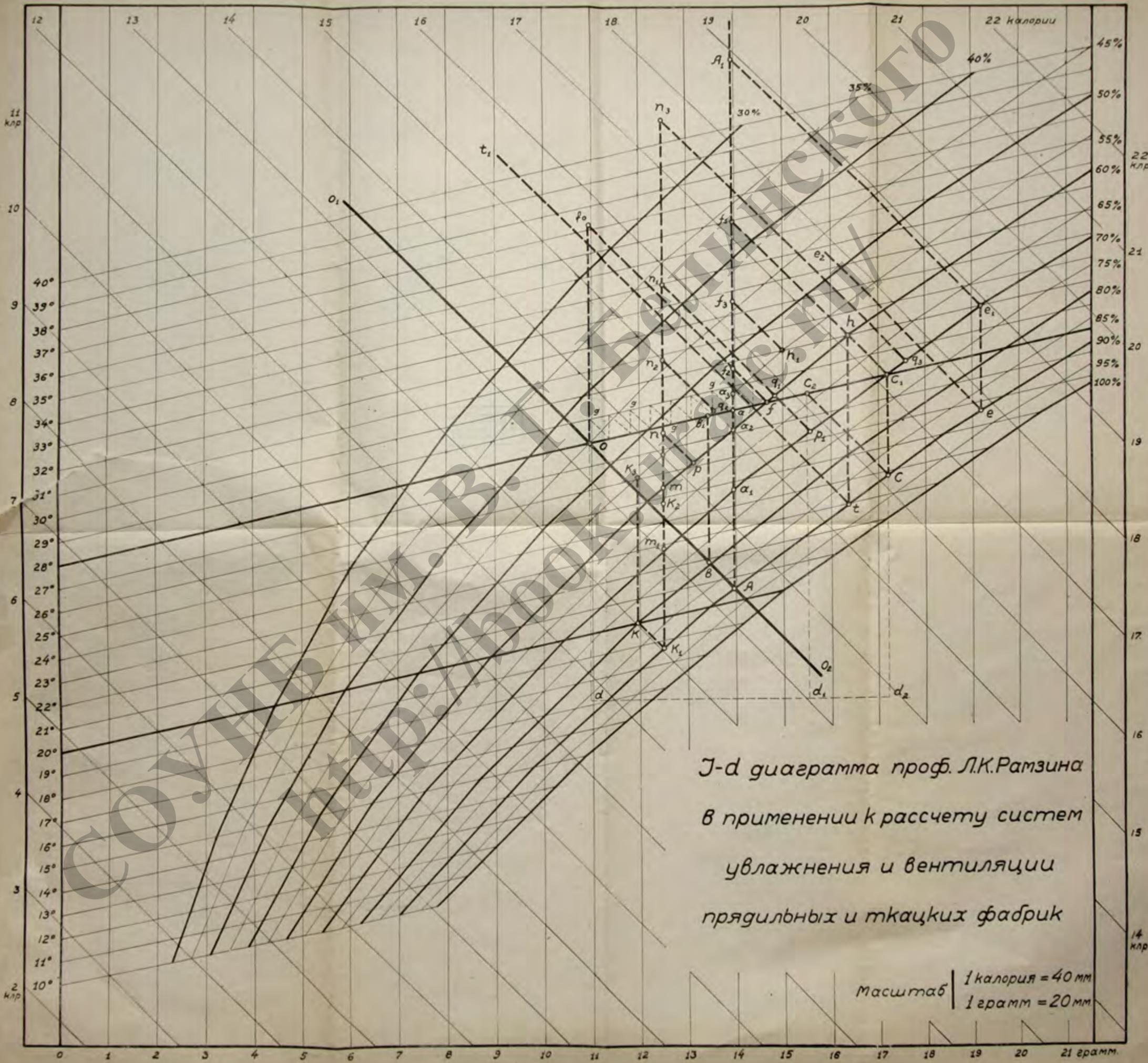
СОУНЬ ИМ. В. Г. БЕЛИНСКОГО
<http://book.ugaic.ru/>



СОУНЬ ИМ. В. Г. БЕЛИНСКОГО
<http://book.uraic.ru/>

УДАЛЕНА
1998 г. 11.01.1998

Государственная библиотека
им. В. Г. Беллинского
г. Свердловск



*t-d диаграмма проф. Л.К.Рамзина
в применении к расчету систем
увлажнения и вентиляции
пряделльных и ткацких фабрик*

*масштаб | 1 калория = 40 мм
| 1 грамм = 20 мм*

СОУНБ им. В. Г. Белинского
<http://book.ugaic.ru/>

Цена 1 р. 25 к.

0-10



СОУНЬ ИМ. В. Г. БЕЛИНСКОГО
<http://book.ugaic.ru/>

СОУНБ им. В. Г. Белинского
<http://book.ugaic.ru/>

СОУНЬ им. В. Г. Белинского
<http://book.ugaic.ru/>