

*Воздушные завесы* создают для предупреждения проникновения в помещение наружного холодного воздуха путем подачи более теплого воздуха с большой скоростью (10 - 15 м/с) под некоторым углом навстречу холодному потоку.

*Воздушные души* применяются в горячих цехах на рабочих местах, находящихся под воздействием лучистого потока теплоты большой интенсивности (более 350 Вт/м<sup>2</sup>).

## 1.6. Контрольные вопросы по теоретической части

1. Чем обусловлена актуальность задач ограничения тепловыделений на производстве?
2. Что называется ИК-излучением? Какими параметрами оно характеризуется?
3. Почему необходимо бороться с избыточным тепловыделением на производстве?
4. Как проявляется воздействие ИК на организм человека?
5. Каковы основные нормативы теплового излучения для производства?
6. Назовите способы защиты от теплового излучения.

## 2. Практическая часть

### 2.1. Описание лабораторной установки

Внешний вид стенда для исследования тепловых излучений представлен на фото (прил. 1).

**Приборы:** электрокамин (2), линейка (4), защитные экраны (4 шт) (6), штатив (7) с датчиком величины теплового потока и датчиком температуры, измерительный прибор ИПП-2м (3): (работает в двух режимах: измерение температуры, измерение теплового потока).

Электрокамин служит источником теплового излучения.

В качестве защиты от теплового излучения используются защитные экраны: большой металлический, черный металлический, экран с цепями, матерчатый экран.

Стандартная металлическая линейка предназначена для измерения расстояния от источника теплового излучения (электрокамина) до измерительных датчиков.

### 2.2. Требования безопасности при выполнении лабораторной работы

1. К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторной установки, принципом действия и мерами безопасности при проведении лабораторной работы.

2. Не рекомендуется включать электрокамин на полную мощность 1 кВт (включены оба выключателя) без использования теплозащитных экранов.
3. Запрещается прикасаться к электроннагревательному элементу электрокамина.
4. Для замены защитных экранов для предохранения от ожогов используется кусок плотной материи.
5. После проведения лабораторной работы отключить измерительный прибор и электропитание стенда.

### 2.3. Задачи для проведения экспериментов и порядок их выполнения

1. Подключить стенд к электросети.
2. Включить источник теплового излучения (верхнюю часть) и измеритель ИПП-2м.

*Задание 1: Исследовать изменение интенсивности излучения в зависимости от расстояния до источника.*

1. Пользуясь линейкой и штативом с датчиками, измерить величину теплового излучения (на отрезках 30, 45, 60 см).
2. Данные замеров занести в таблицу.

*Задание 2: Исследовать эффективность применения различных экранов.*

1. Устанавливая различные защитные экраны, определить интенсивность теплового излучения на заданных расстояниях (30, 45, 60 см). Оценить эффективность защитного действия экранов по формуле (см. ниже). Построить график зависимости среднего значения интенсивности теплового излучения от расстояния для каждого экрана.
2. Составить отчет о работе.

### 2.4. Контрольные вопросы и задания по практической части

1. Какой из датчиков предназначен для измерения температуры, а какой для измерения теплового излучения?
2. Чем объясняется снижение величины теплового излучения при установке нового экрана?
3. Как можно охарактеризовать влияние различных экранов на величину теплового излучения? В чем заключаются особенности каждого из экранов?
4. Какой экран оказался наиболее эффективным? Чем это можно объяснить?

## 2.5. Отчет о лабораторной работе

1. Общие сведения.
2. Данные измерений и результатов расчета (табл. 1)

Таблица 1

Вид тепло- вой защиты	l, см	Q Вт/м <sup>2</sup>	n, %
Без экрана	30		
	45		
	60		
Материальный экран	30		
	45		
	60		
Металлический (белый) экран	30		
	45		
	60		
Металлический (черный) экран	30		
	45		
	60		
Экран с цепями	30		
	45		
	60		

Расчет эффективности защитного действия для каждого из экранов по формуле:

$$N = ((Q - Q_3) / Q) * 100\%$$

где

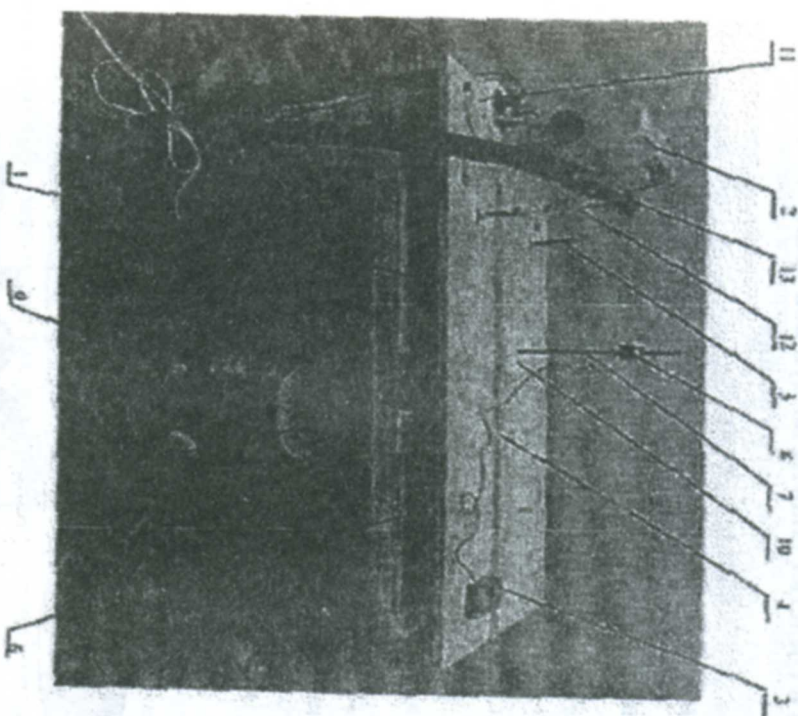
- Q - интенсивность теплового излучения без применения защиты, Вт/м<sup>2</sup>;
- Q<sub>3</sub> - интенсивность теплового излучения с применением защиты, Вт/м<sup>2</sup>.

Данные расчета эффективности защиты (табл.1)

Графики зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния для каждого защитного экрана.

3. Выводы.

Приложение 1



**Обозначения, не вошедшие в описание работы:**

- 1- столешница;
- 2- электрокамин;
- 3- измерительный прибор ИПП-2м;
- 4- линейка;
- 5- крепления для установки датчиков;
- 6- защитные экраны;
- 7- стойка с датчиками;
- 8- кронштейн для установки экранов;
- 9- пылесос (может использоваться в работе по решению преподавателя);
- 10- плоское основание стойки с датчиками (7);
- 11- удлинитель;
- 12- держатель шланга пылесоса;
- 13- шланг пылесоса;



## Методы и средства защиты воздушной среды от газообразных загрязнений

### 1. Теоретическая часть

#### 1.1. Цель работы

Целью работы является ознакомление с основными методами очистки выбросов от паро- и газообразных загрязнителей и демонстрация различных очистных устройств воздуха, моделирование и определение их эффективности.

#### 1.2. Актуальность вопроса

Накопление вредных веществ в воздухе в помещениях является одной из пяти самых больших опасностей, исходящих от среды. Взрослый человек ежедневно потребляет до 30 кг воздуха, т.е. намного больше, чем еды и питья вместе взятых (рис. 1).

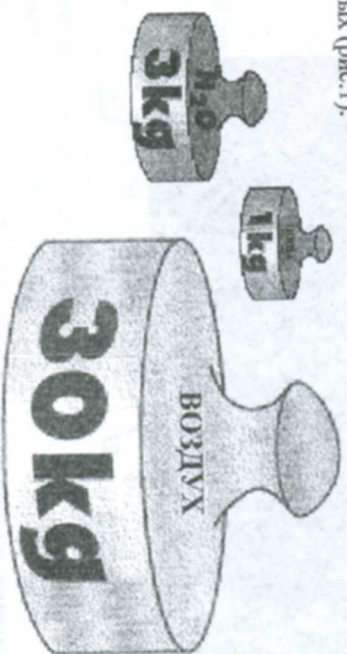


Рис. 1 Суточная потребность человека в пище, воде и воздухе

Даже если примеси в воздухе не превышают ПДК, то за 1 сутки - каждый из нас употребляет от 15 до 100 мг таких ядов как угарный газ, формальдегид, бензопирены и прочие, совсем не нужные для нашего здоровья соединения. Это количество увеличивается в десятки раз в больших городах. Иммунная система не знает, как реагировать на их присутствие, поскольку в ходе эволюции ничто живое не сталкивалось с такими чисто антропогенными веществами как, например, метанол. Реакции иммунной системы - самые неожиданные: от аллергии и астмы до переломления, головной боли и неврозов.

### 1.3. Основные теоретические сведения

Очистка выбросов от вредных паро- и газообразных загрязнителей подразделяется на удаление или превращение в безвредное соединение загрязняющего вещества, поступающего от промышленного источника. Существуют несколько методов выделения из отходящих газов газообразных и парообразных токсичных веществ:

- абсорбционные, • капиллярные,
- адсорбционные, • конденсационные,
- термические, • комбинированные.

Выбор метода определяется параметрами газового потока и концентрацией загрязняющих веществ. Сложный состав выбросов большого объема, высокие концентрации токсичных компонентов предусматривают многоступенчатые схемы очистки, комбинацию разных методов.

*Наиболее распространены при очистке газов абсорбционные и адсорбционные методы.*

**Абсорбционные методы.** *Абсорбция* (от лат. *absorbere* - поглощать) - поглощение веществ из растворов или газов всем объемом другого вещества (твердого тела или жидкости) - *абсорбента*. Решающим условием для применения метода является растворимость паров или газов в абсорбенте. Поглощаемое вещество перемещается из газа в направлении градиента концентрации. Абсорбент может быть высокоэффективным к определенному компоненту и инертным ко всем остальным. На скорость абсорбции влияют главным образом давление и температура. С ростом давления и снижением температуры скорость абсорбции увеличивается.

Выделяют *физическую абсорбцию* и *хемосорбцию*. Для *физической абсорбции* применяют воду и органические растворители, не вступающие в реакцию с извлекаемым газом. Так, для удаления из технологических выбросов аммиака, хлоро- и фтороводорода, паров кислот и щелочей целесообразно применять в качестве абсорбента *воду*. Таким образом, абсорбционные методы не только очищают, но и увлажняют среду, устраняя последствия от влияния сухого воздуха, а именно, утомляемость и повышенную восприимчивость к инфекциям, сниженную работоспособность.

При *хемосорбции* в качестве абсорбента используют водные растворы солей и щелочей, органические вещества и водные суспензии различных веществ. Метод применяют для загрязнителей, не растворимых или плохо растворимых в воде. Работа хемосорберов основана на поглощении газов и паров жидкими или твердыми поглотителями с образованием малорастворимых или малолетучих химических соединений.

Так, диоксид азота  $\text{NO}_2$  хорошо растворяется в воде с образованием смеси азотной и азотистой кислот:

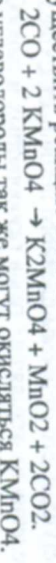


Однако эта смесь неустойчива и для того, чтобы итоговая реакция была необратимой, требуется нейтрализовать кислоты в водном растворе, например с помощью неагрессивной технической соды - бикарбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :





Для нейтрализации монооксида углерода СО и углеводородов  $\text{C}_n\text{H}_m$  также необходимо осуществить реакцию окисления:



Ненасыщенные углеводороды так же могут окисляться  $\text{KMnO}_4$ . Важно отметить, что предельные (насыщенные) углеводороды (например метан)  $\text{KMnO}_4$  не окисляется. Однако для человека он опасен только в очень высоких концентрациях, вызывающих понижение процентного содержания кислорода в воздухе.

**Хемосорбция** - один из распространенных методов очистки отходящих газов от оксидов азота и паров кислот. Эффективность очистки от оксидов азота составляет 17...86%, от паров кислот - 95%.

**Адсорбционные методы.**

Адсорбция (от лат. *ad* - на, при и *sorteo* - поглощаю) - поглощение вещества из газовой или жидкой среды поверхностью слоя твердого тела (адсорбента). Используют для очистки газов с невысоким содержанием газообразных и паробразных примесей - не более 2...5 мг/м<sup>3</sup>. Различают физическую и химическую адсорбцию.

Межмолекулярное притяжение, существующее в порах угля, приводит к возникновению адсорбционных сил, которые по своей природе сродни силе гравитации с той лишь разницей, что действуют они на молекулярном, а не на астрономическом уровне. Называются они *Ван-дер-Ваальсовы силы*. Эти силы вызывают реакцию, подобную реакции осаждения, что позволяет удалять адсорбирующее вещество из водных или газовых потоков.

Химические реакции и химические связи также могут возникнуть между адсорбирующими веществами и поверхностью активированного угля, что называется хемосорбцией. Однако именно процесс физической адсорбции происходит при взаимодействии активированного угля с химическим веществом.

Адсорбционные методы в отличие от абсорбционных позволяют проводить очистку газов при повышенных температурах. При использовании этих методов достигаются высокая степень очистки, однако невозможно очистить загрязненные газы.

В качестве адсорбентов (поглотителей) применяют вещества, имеющие большую площадь поверхности на единицу массы (удельную поверхность). К основным промышленным адсорбентам относятся активированный уголь, силикагели, алюмогели, глинозем.

**Активированный (активный) уголь** - пористое тело, получаемое из ископаемых или древесных углей удалением смолистых веществ, а также обугливанием полимеров.

**Силикагель** - микропористое тело, получаемое прокаливанием геля поликремниевой кислоты, состоит из  $\text{SiO}_2$ .

**Алюмогель** - микропористое тело, получают высушиванием геля гидроксида алюминия, активный оксид алюминия.

**Глинозем** - оксид алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , бесцветные, нерастворимые в воде кристаллы. Получают из бокситов, нефелинов, каолина.

Наиболее широкое применение в качестве адсорбента получил активированный уголь (удельная поверхность  $10^5 \dots 10^6 \text{ м}^2/\text{кг}$ ). Площадь поверхности 3 граммов активированного угля может быть сравнима с площадью футбольного поля! Он является одним из немногих веществ, которые можно использовать для очистки влажных газов. Особенностью угля является то, что наряду с газом, который нужно уловить, адсорбируются и другие примеси.

В активированных углях различают три категории пор: микро-, мезо- и макропоры. Микро- и мезопоры составляют наибольшую часть поверхности активированных углей. Соответственно, именно они вносят наибольший вклад в их адсорбционные свойства. Микропоры особенно хорошо подходят для адсорбции молекул небольшого размера, а мезопоры - для адсорбции более крупных органических молекул.

Определяющее влияние на структуру пор активированных углей оказывают исходные материалы для их получения. Активированные угли на основе скорлупы кокосов характеризуются большей долей микропор, а активированные угли на основе каменного угля - большей долей мезопор. Большая доля макропор характерна для активированных углей на основе древесины.

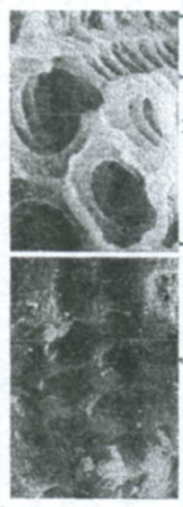


Рис.2 Активированная скорлупа кокосов и каменный уголь

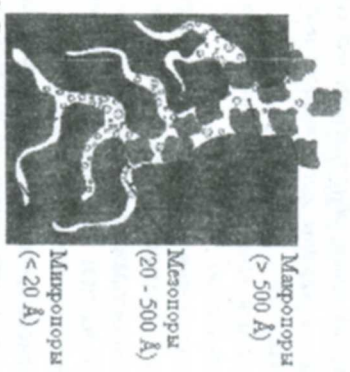


Рис.3 Структура пор активированных углей

Некоторые вещества слабо адсорбируются на поверхности обычных активированных углей. К числу таких веществ относятся аммиак, диоксид серы, пары ртути, сероводород, формальдегид, хлор, цианистый водород. Для эф-



фективного улавливания таких веществ используются активированные угли с химическими реагентами.

Конструкция адсорбера представляет собой емкость, заполненную пористым адсорбентом, через который фильтруется поток очищаемого газа. Адсорберы применяют для очистки воздуха от паров растворителей, эфира, ацетона, различных углеводородов и т.п.

Особенностью угольного фильтра является способность улавливать практически все токсичные примеси воздуха с молекулярной массой более 40 атомных единиц. Исследования и практика использования адсорбционных угольных фильтров, показали, что уголь практически не адсорбирует легкие соединения, к числу которых относятся такие типичные загрязнители воздуха, как окись углерода, окислы азота, формальдегид.

Существенным недостатком любых сорбционных фильтров является их ограниченная емкость. Поэтому при несвоевременной замене адсорбента они сами становятся источником токсичных органических веществ и болезнетворных бактерий, загрязняющих окружающую атмосферу. Сорбционная способность тем выше, чем меньше температура сорбента.

#### 1.4. Краткие сведения о нормировании

##### Показатели (нормативы) качества атмосферного воздуха

Научной основой управления качеством атмосферного воздуха на производстве являются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны — *концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в пределах 8 часов и не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не должны вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.*

Определение ПДК не исключает нарушение состояния здоровья у лиц с повышенной чувствительностью.

В настоящее время нормативы ПДК вредных веществ установлены примерно для 600 химических соединений при их изолированном действии и для характеристика комбинированного действия 56 смесей, включающих до четырех веществ. Для более чем 1500 загрязнителей определены ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ).

Для загрязнения в атмосферном воздухе населенных пунктов существуют две нормативные величины: *максимальная разовая ПДК* — определяет рефлекторные реакции человека, которые могут возникнуть при кратковременном воздействии; *среднесуточная ПДК*, определяющая реакции, возникающие при постоянном поступлении вредных веществ в организм.

В качестве загрязнителей воздуха в лабораторной работе используются следующие вещества: ацетон, бензин, аммиак,

Значения ПДК указанных веществ в атмосферном воздухе приведены в табл. 1.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) используемых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Таблица 1

№ п/п	Наименование вещества	ПДК (мг/м <sup>3</sup> )		Класс опасности
		Рабочей зоны	Населенных пунктов	
1	Аммиак	20	0,2	4
2	Ацетон	200	0,35	4
3	Бензин	100	5	1,5

Определение концентрации загрязнителей воздуха проводится с помощью газоанализаторов. Индикаторные трубки являются одноразовыми газоанализаторами линейно-колористического типа. Принцип действия индикаторных трубок основан на фильтрации через индикаторный порошок загрязненного воздуха при просасывании его с помощью насоса-проботборника. При этом происходит поглощение из воздуха компонента-загрязнителя, сопровождающееся избирательной химической реакцией этого компонента с нанесенным на индикаторный порошок аналитическим реагентом (индикатором). В результате химической реакции происходит образование окрашенных продуктов и, соответственно, изменение окраски индикационного порошка (индикационный эффект). Длина изменившегося окраску слоя является мерой концентрации определяемого компонента в анализируемом воздухе.

Селективность контроля воздуха с помощью некоторых индикаторных трубок обеспечивается применением, в комплекте с ними, фильтрующей трубки. При этом воздух просасывается через последовательно соединенные фильтрующую и индикаторную трубки. Фильтрующая трубка поглощает большинство мешающих примесей, пропуская анализируемый компонент.

#### 1.5. Контрольные вопросы по теоретической части

1. Почему воздух необходимо очищать?
2. Что такое ПДК?
3. В чем отличие между адсорбцией и абсорбцией?
4. Какие области применения у абсорберов и адсорберов?
5. Какие факторы влияют на эффективность абсорбции и адсорбции?
6. Какой принцип действия индикаторных трубок?
7. Что такое индикационный эффект?
8. На чем основана работа хемосорберов?
9. Приведите примеры адсорбентов.



## 2. Практическая часть

### 2.1. Описание установки

#### Описание лабораторного стенда

#### Устройство и принцип работы лабораторной установки

Установка обеспечивает возможность демонстрации различных систем очистки воздуха от газообразных примесей и изучения методов оценки качества воздуха. Внешний вид стенда представлен на рис. 4.

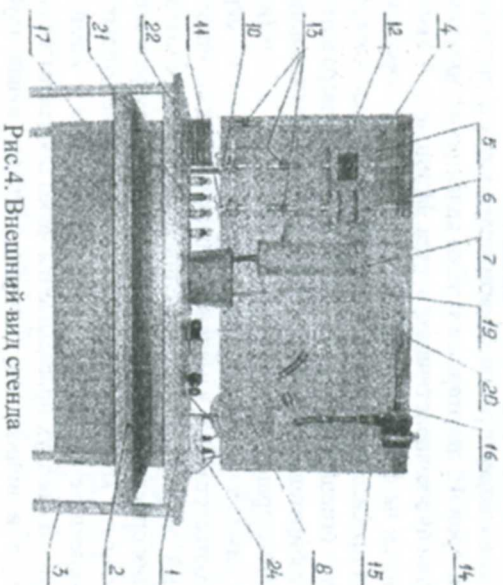


Рис. 4. Внешний вид стенда

Стенд представляет собой стол лабораторный сборно-разборной конструкции, со столешницей 1 и полкой 2; металлическими опорными рамами 3 и вертикальной панелью 4.

На вертикальной панели установлены устройства очистки: адсорбер угольный 5, адсорбер силикагелевый 6, адсорбер волновой 7.

Также на вертикальной панели расположены камера-смеситель 8 и элемент пневмо-и гидросистем.

Адсорбер представляет собой прозрачную цилиндрическую емкость, имеющую верхнюю и нижнюю крышки с ниппелями и заполненную веществом-адсорбером. Один адсорбер заполнен активированным углем, другой - силикагелем.

Адсорбер 7 представляет собой прозрачную цилиндрическую емкость, внутри которой имеются разбрызгиватель с решеткой для создания мелко-дисперсной волновой среды.

Камера-смеситель 8 служит для внесения в воздушный поток пневмостемы веществ-загрязнителей. Внесение веществ-загрязнителей производится с помощью пипетки-капельницы. Отбор проб загрязненного и очищенного воздуха осуществляется через шуперы соответственно отбора пробы «до очистки» 10 и отбора пробы «после очистки» 11, расположенных в нижней части свободной магистральной.

Камера 8 представляет собой стеклянный баллон («лаука») с тремя отводами (центральный и два крайних).

Центральный отвод используется для ввода загрязнителя воздуха; крайние отводы используются для присоединения к пневмосистеме.

Пневмосистема является замкнутой и включает в себя три магистральной очистки воздуха, а также «свободную» магистраль 12, которая позволяет производить необходимые манипуляции по загрязнению и перемешиванию воздуха.

Каждая магистраль снабжена шаровым краном 13.

Воздушный поток в магистральных очистках и свободной магистральной создается насосом 14, снабженным двумя насадками: нагнетания 15 и входной 16, расположенными на вертикальной панели стенда.

На столешнице 1 расположена насосная станция, представляющая собой прямоугольную емкость 17 с водой, на дне которой установлен погружной насос 18. Вода подается по напорной трубке 19 в разбрызгиватель адсорбера и сливается по возвратной трубке 20 в емкость с водой. Таким образом, гидросистема адсорбера является замкнутой.

#### 2.2. Требования безопасности при выполнении работ

1. К работе на установке допускаются лица, ознакомленные с ее устройством, принципом действия и мерами безопасности в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем разделе.
2. При включенном воздушном насосе один из кранов пневмосистемы должен быть открыт.
3. При появлении запаха загрязнителя следует прекратить проведение лабораторной работы до ликвидации неисправностей.
4. Лабораторную работу необходимо проводить в хорошо проветриваемом и вентилируемом помещении.
5. При возможности использовать в лаборатории воздухоочиститель.
6. При работе с набором инструментов используются основные правилами безопасности, предусмотренными для работ в химической лаборатории.
7. Факторами опасности при проведении работ являются порезы осколками стекла при вскрытии корпуса индикаторной трубки.

#### 2.3. Задачи и порядок выполнения работ

Задачи студентов в лабораторной работе:



1. Изучить различные системы очистки воздуха от паро- и газообразных загрязнителей.
2. Исследовать качество воздуха до и после очистки при помощи индикаторных трубок.
3. Оценить эффективность различных систем очистки воздуха от паро- и газообразных загрязнителей.

**Порядок проведения работ по внесению загрязненного воздуха в систему с помощью одного из компонентов**

1. С помощью пипетки-капельницы внести в центральную горловину камеры 0,2 мл загрязнителя и незамедлительно закрыть камеру. При условии равномерного распределения компонента по объему камеры и установки (допускается при циркуляции воздуха в установке), массу вещества, которая должна быть внесена в камеру для достижения в ней заданной величины концентрации, рассчитывают по формуле:

$$m = C_g \times V \times K_n,$$

где  $C_g$  — заданная величина концентрации компонента в камере, мг/м<sup>3</sup>;

$V$  — объем воздуха в установке, включая объем камеры-смесителя, м<sup>3</sup>;

$K_n$  — эмпирический коэффициент потерь. При работе с летучими органическими веществами  $K_n = 1$ , при работе с неорганическими веществами величина  $K_n$  может принимать различные значения от 10 до 100 и более в зависимости от методики эксперимента, что учитывается при получении концентрации смеси в подпитываемой емкости.

2. Открыть краны очистных магистралей, а кран свободной магистрали — открыть.
  3. Включить воздушный насос и не выключать его до полного (ориентировочно 2-3 мин.) испарения загрязнителя (контроль визуальный).
  4. Выключить насос, взять насос-пробоотборник, вставить в него соответствующую индикаторную трубку со вскрытыми концами и соединить с трубкой-штуцером отбора пробы «до очистки». Снять зажим. Отобрать с помощью пробоотборника 100 мл загрязненного воздуха. Установить зажим. С помощью шкалы на упаковочной коробке индикаторных трубок определить концентрацию загрязнителя в воздухе пневмосистемы.
- Соединить входную трубку абсорбера с напорным штуцером насоса. Запустить в насосную станцию абсорбера 2,5 л воды. Включить насос и с помощью регулятора расхода добиться уровня воды в абсорбере 20-40 мм, выключить насос. Зажимами пережать трубки отбора проб.

**Порядок проведения работ с абсорбером (активированный уголь или силикагель)**

1. Открыть кран свободной магистрали, открыть кран очистной магистрали абсорбера с активированным углем.
2. Включить насос и протнать загрязненный воздух через абсорбер в

течение 2-х минут. Выключить насос и произвести отбор пробы очищенного воздуха через штуцер II в соответствии с п. 2.4.2.4.

3. Определить эффективность очистки воздуха по формуле:

$$1. \quad \eta = [(K_2 - K_0)/K_1] \cdot 100\%,$$

где  $K_3$  - концентрация вещества-загрязнителя в загрязненном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

$K_0$  - концентрация вещества-загрязнителя в очищенном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

4. Открыть краны абсорберов и закрыть кран свободной магистрали. Включить насос. Произвести доочистку пневмосистемы в течение 5 минут.

**Порядок проведения работ с абсорбером**

1. Произвести действия по внесению загрязненного воздуха в систему стэнда (в соответствии с вышеприведенным порядком).
2. Открыть кран на абсорбер и на свободную магистраль, на абсорберы — закрыть.
3. Включить водяной насос. Произвести прокачку воздуха через абсорбер в течение 2-х минут.
4. Включить воздушный насос.
5. Выключить водяной насос.
6. Выключить воздушный насос.
7. Произвести отбор пробы очищенного воздуха в соответствии с п. 2.4.2.4. Произвести расчет эффективности очистки воздуха в соответствии с п. 2.4.3.3.
8. Рассчитайте концентрацию анализируемого компонента в воздушной среде, приведенную к нормальным условиям, т.е. к температуре 20 °С и атмосферному давлению 760 мм рт.ст., (Сн) в мг/м<sup>3</sup>, по формуле

$$C_n = C_{t,p} \times \frac{(273 + t^\circ) \times 760}{293 \times P},$$

где  $C_{t,p}$  — результат измерения концентрации с помощью ИТ при температуре  $t$  и давлении  $P$ , мг/м<sup>3</sup>;

$t^\circ, P$  — температура окружающего воздуха (°С) и атмосферное давление (кПа), соответственно, в момент анализа (сообщается преподавателем);

293 и 101,3 — температура (°К) и давление (кПа), соответствующие нормальным условиям измерений (ГОСТ 12.1.014).

9. После завершения лабораторной работы выключить установку и проверить, закрыты ли краны магистралей, камеры. Проверить помешения.

**2.4. Контрольные вопросы и задания по практической части**

1. Какие существуют различия при использовании неорганических и летучих органических веществ?
2. Существует ли зависимость между видом загрязнения и методом очистки?

3. Как повышение температуры и давления в два раза повлияют на эффективность очистки?
4. Что вы можете предложить для повышения эффективности процесса очистки воздуха?
5. Какие вероятные загрязняющие вещества вы предполагаете в учебной аудитории, дома, на улице, в транспорте, на ближайшем месте работы?
6. Какие методы очистки воздуха для вероятных загрязнителей можете предложить?
7. Чем вы рискуете, если этого не сделать?

### 2.5. Отчет о лабораторной работе

1. Изложение цели работы.
2. Схема лабораторной установки.
3. Порядок выполнения работы (в виде блок-схемы).
4. Расчетные формулы.
5. Результаты эксперимента, сведенные в табл. 2.
6. Выводы.

Таблица 2

Эффективность методов очистки воздуха (%)

Загрязняющее вещество				Методы очистки воздуха									
№ п/п	Наименование	Объем загрязненного воздуха, вносимого в камеру-смеситель, мл	Объем воздуха, прокачиваемого через индикаторную трубку, мл	Адсорбционный						Абсорбционный			
				Адсорбент: Активированный уголь			Адсорбент: Силикагель			Адсорбент: вода			
				$K_3$ г/м <sup>3</sup>	$K_0$ г/м <sup>3</sup>	Эффективность (%)	$K_3$ г/м <sup>3</sup>	$K_0$ г/м <sup>3</sup>	Эффективность (%)	$K_3$ г/м <sup>3</sup>	$K_0$ г/м <sup>3</sup>	Эффективность (%)	
1	Аммиак												
2	Ацетон												
3	Бензин												



## Лабораторная работа №7

### Исследование условий и уровня опасности поражения человека электрическим током

#### 1. Теоретическая часть

##### 1.1. Цели лабораторной работы

- Общее ознакомление с проблемами обеспечения электробезопасности.
- Получение навыков составления электрических схем, моделирующих прикосновение человека к оборудованию, находящемуся под напряжением.
- Исследование влияния отдельных факторов на уровень опасности поражения человека электрическим током.

##### 1.2. Актуальность вопроса

Электрический ток в случае его действия на организм человека представляет собой весьма значительную опасность.

По сравнению с другими опасностями электрический ток имеет следующие характерные особенности.

1. Возможность полного отсутствия внешних признаков. Невозможно установить наличие этой опасности без использования вспомогательных средств. Узнать о наличии напряжения или тока и связанной с ними опасности поражения можно только с помощью специальных приборов. Лишь в отдельных случаях о наличии опасности могут предупреждать такие второстепенные признаки, как шум (гуление дросселей, трансформаторов, катушек и др.), искрение или дуга вблизи контактов, изменение цвета поверхности проводников вследствие их разогрева при прохождении по ним тока и др.;

2. Быстротечность процесса поражения. В случае воздействия электрического тока на человека промежуток времени, в течение которого наступит поражение, исчисляется иногда лишь сотыми долями секунды.

3. Высокая тяжесть поражения. Из общего числа смертельных НС на производстве на долю вызванных действием электрического тока в зависимости от отрасли приходится по различным оценкам 40-60%. Опасность усугубляется тем, что пострадавший не может сам оказать себе помощь. А при неумелом оказании помощи может пострадать и тот человек, который пытается помочь пострадавшему.



Не хватается мокрыми руками за оголенные провода - они могут зажаться.

#### 1.3. Основные теоретические сведения

##### Действие электрического тока на организм человека

##### Виды воздействия тока и виды электротравм

Действие тока проявляется не только в месте контакта тела человека с токопроводящей частью, но и на всем пути движения тока в теле человека.

Выделяемые основные виды физико-биологического механизма воздействия электрического тока на человека и их краткая характеристика приведены в таблице.

Виды воздействия тока	Характеристика вызываемых последствий
Тепловое	ожоги различной степени тяжести, вплоть до обугливания тканей и нагрев до высоких температур жизненно важных органов
Электрохимическое (электролиз)	выражается в поляризации клеточных мембран, изменении движения ионов солей, что приводит к коагуляции белков, некрозу тканей, разложению органических жидкостей
Биологическое	проявляется в возбуждении живых тканей организма и нарушении внутренних биоэлектрических процессов
Механическое (динамическое)	при прохождении разряда большой плотности через ткани, возможно их расслоение, разрывы, вывихи и даже отрыв частей тела
Электрофизиологическое	специфическое действие на клетки возбудимых тканей (скелетная и гладкая мышечная ткань, нервные клетки, провольные нервные пути и др., для которых ток является биологическим раздражителем. Ответная реакция этих тканей - судороги скелетных мышц, спазм стенок кровеносных сосудов, нарушение сердечной деятельности (фибрилляция, аритмия), нарушение деятельности центральной нервной системы (паралич дыхания, кома, тозное состояние)

Причинами смерти от электрического тока могут быть:

- прекращение работы сердца;
- прекращение дыхания;
- электрический шок.

##### Факторы, определяющие исход поражающего действия электрического тока на человека

Реакция организма человека на действие тока зависит от множества факторов, основными из которых считаются:



1. Величина тока, протекающего через тело человека;
2. Продолжительность воздействия тока;
3. Сопротивление тела человека;
4. Род и частота тока;
5. Величина приложенного напряжения;
6. Площадь контакта с токоведущей частью;
7. Путь тока в теле человека;
8. Индивидуальные особенности людей;
9. Микроклиматические параметры;
10. Психологические факторы;

Важнейшими факторами принято считать величину тока, протекающего через тело человека и продолжительность воздействия тока. Параметры именно этих факторов нормируются.

- С увеличением тока проявляется несколько качественно отличных ответных реакций:
- ошущение;
  - судорожное сокращение мышц;
  - неопускание (для переменного тока);
  - болевое ошущение;
  - фибрилляция сердца и спазм легких.
- Соответствующие **характерные (пороговые) значения тока** приведены в приложении.

Величина тока, протекающего через тело человека, зависит от многих условий и параметров, к числу которых относятся следующие:

- наличие заземления питающего трансформатора и величина его сопротивления;
- точка электрической цепи, в которой происходит контакт с телом человека (схема включения человека в электрическую цепь);
- и многие другие. Некоторые из этих условий экспериментально моделируются в настоящей лабораторной работы (схема включения человека в электрическую цепь, величина сопротивления изоляции, величина сопротивления тела человека).

**Схемы включения человека в электрическую цепь**

Если человек касается одновременно двух точек, между которыми существует напряжение, и при этом образуется замкнутая цепь, то через тело человека проходит ток. Величина этого тока зависит от схемы включения, т.е. от того, каких частей электростановки касается человек, и определяется законом Ома  $I_h = U_{pab} / R_h$

где  $U_{pab}$  - приложенное к телу человека рабочее напряжение, В;  
 $I_h$  - величина тока через тело человека, А;  
 $R_h$  - сопротивление тела человека, Ом.

Для случаев прикосновения человека к элементам электрической цепи используется формулировка «включение человека в электрическую цепь».

**Двухполюсное прикосновение**

На рис.1а показано одновременное прикосновение к двум полюсам сети постоянного тока или однофазной сети переменного тока.

На рис.1б - прикосновение к двум фазам трех фазной сети. Термины двухполюсное и двухфазное прикосновение - синонимы.

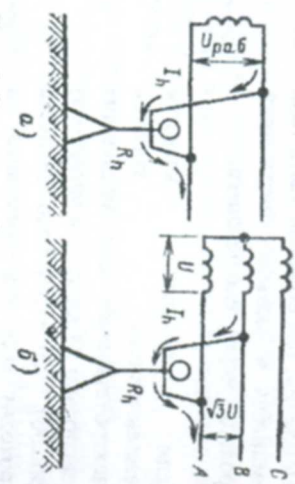


Рис. 1 Схема двухфазного (двухполюсного) прикосновения к токоведущим частям

**Однополюсное прикосновение**

Если человек, стоя на земле, касается одного из полюсов или одной из фаз, цепь тока замыкается через землю и далее через сопротивление изоляции и емкости фаз (в сети с изолированной нейтралью, рис.2а) или через заземленные нейтраль (в сети с заземленной нейтралью, рис.2б).

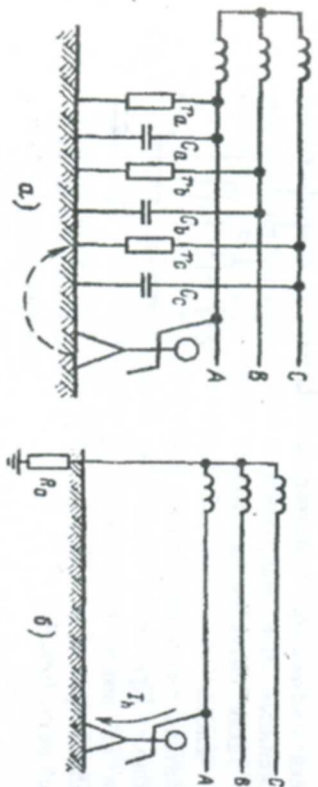


Рис. 2 Схема однофазного (однополюсного) прикосновения

**Прикосновение к корпусу**

При исправной изоляции напряжение на корпусе электростановок отсутствует. Но вследствие повреждения изоляции или соприкосновения токоведущих частей с корпусом на последнем появляется напряжение. Такую ситуацию обычно именуют «пробой на корпус». Величина потенциала на корпусе существ-

