



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ ИМЕНИ
ГУМАРБЕКА
ДАУКЕЕВА**

Кафедра
инженерной экологии и
безопасности труда

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ И НОРМИРОВАНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В
ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов всех образовательных программ

Алматы 2022

СОСТАВИТЕЛИ: А.А. Абикенова, С.Т. Санатова, З.А. Джамбаева.
Исследование работы газоочистительных устройств. Методические
указания к выполнению лабораторных работ для студентов всех
образовательных программ. – Алматы: АУЭС, 2022. – 14 с.

Методические указания содержат материал по подготовке к
проведению лабораторной работы, описание выполнения лабораторной
работы, схемы экспериментальной установки, методика анализа и обработки
данных, перечень рекомендуемой литературы и контрольные вопросы к
защите лабораторной работы.

Методические указания предназначены для студентов всех
образовательных программ.

Ил. 3, табл. 2, библиогр. – 3 назв.

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры ЭВИЭ

И.В. Казанина

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева» на
2022 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека
Даукеева», 2022 г.

Содержание

1. Основные сведения.....	4
2. Описание лабораторной установки.....	9
3. Порядок проведения работы.....	11
4. Обработка данных.....	12
Список литературы.....	14

Лабораторная работа

Определение и нормирование вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений

Цель работы: закрепление теоретических знаний по определению и нормированию вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

Задачи работы

1. Ознакомиться с требованиями, предъявляемыми к качеству воздуха рабочей зоны.
2. Ознакомиться с методами и приборами газового анализа.
3. Выполнить практические замеры концентраций газов и паров в воздухе производственных помещений и сравнить их с санитарными нормами.

1. Основные сведения

Вредные вещества – это такие вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требования безопасности могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания, нарушение нормальной жизнедеятельности или болезненное состояние – отравление.

Действие вредных веществ на организм определяется многими условиями: токсикологическими особенностями вредного вещества; его физическим состоянием и путями воздействия на организм; концентрацией в воздухе; продолжительностью действия. Кроме того, оно зависит от пола, возраста, индивидуальной чувствительности организма, а также имеет значение тяжесть выполняемой работы, поскольку от этого зависит количество вдыхаемого воздуха.

Отравления могут быть острыми и хроническими. Острыми отравлениями считаются такие, которые наступают при действии вредного вещества на протяжении не более одной рабочей смены. Такие ситуации возникают в случае аварий или грубых нарушений правил техники безопасности. В этих случаях в организм поступают большие дозы ядовитых веществ. Хронические отравления возникают в результате длительного действия на организм малых количеств вредных веществ. Эти отравления развиваются постепенно, на ранних стадиях их трудно распознать, поскольку симптомы их мало специфичны: недомогание, повышенная утомляемость, нарушение аппетита и сна, ослабление сопротивляемости внешним воздействиям.

Проникая в организм, вредные вещества переносятся кровью во все органы и ткани. Поэтому нарушение процессов обмена в каком-либо одном органе влечет за собой, как правило, нарушение ряда функций организма. Изменение состава строго определенных веществ, принимающих участие в нормальных процессах обмена здорового человека, не может не сказаться на

обмене веществ в каком-либо органе, а, следовательно, и на нормальном функционировании всего организма. Именно с этим и связано токсическое действие вредных веществ на организм человека. В зависимости от участка в цепи обмена веществ, в которых под действием того или иного токсичного соединения происходит нарушение нормальных процессов, степень его токсичности оказывается большей или меньшей. Наиболее токсичными оказываются те химические соединения, которые воздействуют на более важные ферментные системы организма.

Ферменты – белковые катализаторы, обеспечивающие высокие скорости процессов расщепления белков, жиров, углеводов, поступающих в живой организм в виде пищевых продуктов. Для всех ферментов характерна высокая специфичность действия, т. е. каждый фермент способен катализировать только определенный процесс. Например, в усвоении белков участвуют протеназы, жиров – липазы, углеводов – киназы и фосфатазы. Всего в организме человека содержится до 1000 различных ферментных систем, катализирующих разнообразные процессы. В то же время абсолютное количество каждого фермента в клетках организма крайне мало, поэтому выделение ферментов из строя достигается небольшими количествами токсичных соединений, воздействующими на эти ферменты и ингибирующими их. Незначительное изменение в строении или в условиях действия фермента приводит к потере их каталитической активности. Такие изменения в строении ферментов при действии тех или иных химических соединений являются следствием химической реакции, изменяющей строение фермента. В таблице 1 представлены показатели, оценивающие токсическое действие веществ по их абсолютным качествам, вызывающим определенный биологический эффект.

Таблица 1. Классификация опасности веществ по степени воздействия на организм

Наименование показателя	Концентрация веществ			
	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15–150	151–5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100–500	501–2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500–5000	5001–50000	Более 50000

Таким образом, токсичность тех или иных соединений проявляется в химическом воздействии между ними и ферментами, приводящем к торможению или прекращению ряда жизненных функций организма.

По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на 4 класса:

1 – вещества чрезвычайно опасные (ванадий и его соединения, оксид кадмия, карбонил никеля, озон, ртуть, свинец и его соединения, терефталевая кислота, тетраэтилсвинец, фосфор желтый и др.);

2 – вещества высокоопасные (оксиды азота, дихлорэтан, карбофос, марганец, медь, мышьяковистый водород, пиридин, серная и соляная кислоты, сероводород, сероуглерод, тиурам, формальдегид, фтористый водород, хлор, растворы едких щелочей и др.);

3 – вещества умеренно опасные (камфара, капролактамы, ксилит, нитрофоска, полиэтилен низкого давления, сернистый ангидрид, спирт метиловый, толуол, фенол, фурфурол и др.);

4 – вещества малоопасные (аммиак, ацетон, бензин, керосин, нафталин, скипидар, спирт этиловый, оксид углерода, уайт-спирит, доломит, известняк, магнезит и др.).

Чтобы правильно оценить условия труда работающих на производстве людей и сохранить их здоровье, надо знать, какие вредные вещества в виде газов, паров и аэрозолей (пыли, дыма, тумана) могут выделяться в воздух рабочей зоны при данных процессах и в каких количествах. Содержание этих веществ в воздухе не должно превышать установленных для них предельно допустимых концентраций (ПДК) (табл. 2.2).

ПДК – это такие концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) 8-часовой работе или при другой продолжительности рабочего дня, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений состояния здоровья.

Таблица 2. Вредные вещества и их предельно допустимые концентрации

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
Бензин (растворитель, топливный)	100	П	4	–
Бензол+	5	П	2	К
Двуокись азота	2	П	3	О
Оксид углерода	20	П	4	–

Ацетон	200	П	4	–
Этанол	1000	П	4	–
Аммиак	20	П	4	–
Сернистый ангидрид ⁺	10	П	3	–
Диэтиловый эфир	300	П	4	–

Пр и м е ч а н и е. Используются следующие обозначения:
«О» – вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе;
«К» – канцерогены;
«П» – пары и/или газы;
«+» – соединения, при работе с которыми требуется специальная защита кожи и глаз (символ проставлен после наименования вещества).

При одновременном присутствии в воздухе помещений некоторые вещества могут обладать однонаправленным действием. Как правило, сюда относятся соединения, близкие по химическому строению и характеру биологического воздействия на организм человека.

Однонаправленным действием обладают следующие сочетания веществ: сернистый и серный ангидриды; формальдегид и соляная кислота; различные спирты; различные кислоты; различные щелочи; различные ароматические углеводороды (толуол и ксилол, бензол и толуол); сероводород и сероуглерод; другие вещества.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия расчет общеобменной вентиляции необходимо производить путем суммирования объемов воздуха, необходимых для разбавления каждого вещества в отдельности до его ПДК с учетом загрязнения приточного воздуха, а сумма отношений фактических концентраций каждого из них (C_1, C_2, \dots, C_n) в воздухе к их ПДК ($ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$) не должна превышать единицы:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1$$

При одновременном присутствии в воздухе разнонаправленных вредных веществ количество приточного воздуха допускается принимать по тому вредному веществу, для которого требуется подача наибольшего объема чистого воздуха.

При концентрации в воздухе рабочей зоны вредных веществ, превышающей ПДК, у работающих могут возникать острые и хронические отравления, а также профессиональные заболевания.

Кроме отравлений и заболеваний, пары и газы в смеси с воздухом могут вызвать взрывы. Для предотвращения такого явления необходимо знать нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени (взрываемости) смесей.

В производствах, где в рабочих помещениях могут образовываться опасные концентрации вредных веществ или взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом, производится систематический контроль состояния воздушной среды. Такой контроль осуществляется не только в помещениях, но и в аппаратах, резервуарах и колодцах при подготовке их к ремонту, и особенно с применением огневых работ.

При проведении химического исследования воздуха важное значение имеет выбор точек отбора проб, которые определяются особенностями технологического процесса (периодичность, температурный режим), физико-химическими свойствами контролируемых веществ (плотность, давление пара, летучесть и др.), опасностью и характером действия химического вещества, расположением и функционированием оборудования и санитарно-технических устройств, компоновкой здания (этажность, наличие межэтажных проемов и др.), количеством рабочих мест, длительностью пребывания рабочих на данном месте.

При выборе точек и периодичности отбора проб в производственных помещениях особое внимание должно уделяться рабочим местам аппаратчиков, операторов и других работников основных профессий. Точки отбора определяются с учетом участков возможного выделения в воздух наибольшего количества вредных веществ. Отбор проб воздуха производится в рабочей зоне (пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих) на расстоянии 0,5 м от источников выделения вредных веществ в условиях действующей приточно-вытяжной вентиляции вне действия факела приточной вентиляции и открытых окон.

При возможном поступлении в воздух рабочей зоны химических веществ, опасных для развития острых отравлений, а также в количествах, способных вызвать взрывы, отбор проб должен быть непрерывным с применением систем самопишущих автоматических приборов, выдающих сигнал превышения уровней ПДК. При отсутствии автоматических газоанализаторов допускается контроль указанных веществ не реже одного раза в сутки.

Обычно периодичность отбора проб и анализа устанавливается в зависимости от класса опасности и применяется для веществ 1 класса опасности – не реже 1 раза в 10 дней, 2 – не реже 1 раза в месяц, 3 и 4 классов опасности – не реже 1 раза в квартал.

Для контроля воздушной среды применяются лабораторные, индикаторные и экспресс-методы. Существуют также автоматические приборы контроля газовой среды.

Газоанализаторы, настроенные на уровни ПДК или НКПРП, при

достижении соответствующей концентрации дают световой или звуковой сигнал, автоматически включают вентиляцию и др. Такие приборы называются газосигнализаторами.

Для обеспечения необходимого качества воздуха в рабочей зоне производственных помещений требуется выполнение ряда организационных и технологических мероприятий.

2. Описание лабораторной установки

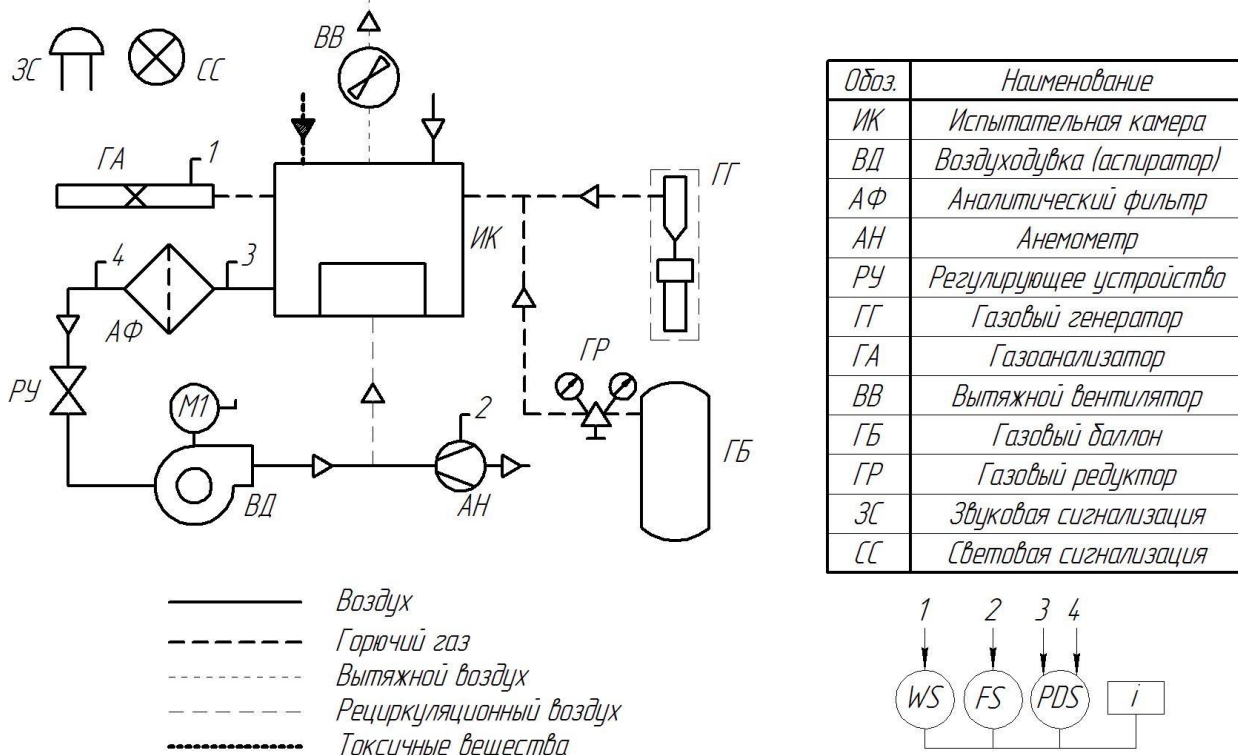


Рисунок 1 — Схема лабораторной установки.

В состав установки еще дополнительно входят (на схеме не указаны):

- дозирующее устройство,
- аллонж для фильтров отбора частиц пыли,
- комплект фильтров АФА-ВП-10.

На передней панели стенда расположены:

- Сеть 220 В – вводной автомат;
- ВК1 – принудительное включение вентилятора;
- ВК2 – разрешение включения звуковой и световой аварийной сигнализации;
- ВК3 – включение аспиратора (воздуходувки).

Газовый генератор ГГ состоит из регулируемой головки и баллончика с газом. Для работы необходимо регулирующую головку закрепить на баллончике, трубку направить в камеру через специальное отверстие и, повернув ручку против часовой стрелки, подать дозированно газ.

Заправить баллон ГБ газом (знать каким). Установить и закрепить баллон на стенде. Присоединить к баллону газовый редуктор ГР. Проверять на

герметичность все соединения (на баллоне и подводящих коммуникациях). Для этого закрыть регулировочный вентиль РВ, полностью выкрутить регулировочную ручку на редукторе, открыть вентиль на баллоне и, вкручивая регулировочную ручку, выставить по манометру давление 0,04 МПа. Проверить все соединения методом обмыливания. Закрыть вентиль на баллоне.

Требуемую концентрацию газа в испытательной камере можно создать с помощью газогенератора или подавая газ из баллона.

При использовании газового баллона необходимо: при первоначальном включении и периодически проверять на герметичность все соединения (на баллоне и подводящих коммуникациях).

Для подачи газа из баллона в испытательную камеру необходимо закрыть регулировочный вентиль РВ, полностью выкрутить регулировочную ручку на редукторе, открыть вентиль на баллоне и, вкручивая регулировочную ручку, выставить по манометру давление 0,02 МПа. Кратковременно открыть регулировочный вентиль РВ и следить за показаниями концентрации на дисплее № 2 газоанализатора. При необходимости произвести добавление газа с помощью РВ и регулировочной ручки на редукторе в минимальных пределах.

Внимание! Нельзя значительно повышать давление редуктором: не более 0,04 МПа. Подачу газа в испытательную камеру проводить порционно, кратковременно открывая регулировочный вентиль РВ.

Газоанализатор предназначен для измерения концентрации газов в испытательной камере:

- метан;
- бутан;
- пропан.

Переключение показаний прибора осуществляется кнопкой «Выбор», при этом загорается светодиод, соответствующий выбранному газу, а на дисплее № 2 (нижний дисплей) отображается концентрация газа в г/м³.

К прибору подключены сигнальная лампа, сирена и вытяжной вентилятор.

Концентрация (в г/м³), при которой загорается сигнальная лампа и включается звуковая сигнализация (если включена клавиша ВК2), отображается на дисплее № 1 и устанавливается в пределах 0...43 г/м³ выбранного газа регулировочной ручкой «ПОРОГ».

Вытяжной вентилятор включается автоматически при достижении уровня НКПР соответствующего газа (см. прил. 1) и отключается при снижении концентрации до 0,5 НКПР. Одновременно с вытяжным вентилятором включается сигнальная лампа и сирена (если включена клавиша ВК2).

При включении питания прибору необходимо время для прогрева и установления показаний порядка 30–240 секунд. При этом для исключения ложных срабатываний в течение первых 30 секунд после подачи питания

сигнальная лампа и вытяжной вентилятор отключены, а светодиод превышения установленного порога на лицевой панели прибора часто мигает.

Время реакции включенного прибора на изменение концентрации составляет 10–30 секунд.

С течением времени и в зависимости от внешних условий возможен дрейф показаний датчика. Калибровка в ноль осуществляется из программного обеспечения, поставляемого вместе со стендом.

При проведении испытаний с использованием метана переставить датчик газоанализатора в отверстие в верхней части испытательной камеры.

Параметры текущей и предельной концентрации, установленной с помощью регулировочной ручки «ПОРОГ» на газоанализаторе, отображаются на дисплее компьютера в программе «Автоматические системы сигнализации». При достижении текущей концентрации выше установленной на экране появляется предупреждение «ТРЕВОГА».

3. Порядок проведения работы:

1. Подключить стенд к сети 220 В.
 2. Подключить автоматизированный стенд к USB разъему компьютера и запустить программу Пуск → Программы → MeasLAB → «Автоматические системы сигнализации».
 3. Ознакомиться со схемой лабораторной установки и расположением приборов. Составить ее описание и заготовить таблицу для регистрации результатов испытаний.
 4. Включить питание стенда кнопкой «Сеть».
 5. Подключить головку газогенератора к баллончику. Обратить внимание, какой газ в баллончике.
 6. Медленно открывая ручку регулировочной головки, подать газ в камеру до показателя ПДК для данного газа.
 7. Перевести газоанализатор для работы на соответствующем газе.
 8. Выставить ПДК для данного газа.
 9. Замерять концентрацию в испытательной камере через каждую минуту. Результаты занести в таблицу 1.
 10. При достижении предельно допустимой концентрации по ПДК прекратить подачу газа, закрыв ручку газогенератора, и включить вентилятор клавишей ВК1. Продолжать запись параметров. Результаты занести в таблицу 1.
 11. Для предельно допустимой концентрации рассчитать по формуле 1 ПДК при нормальных условиях.
 12. Выключить установку автоматом, «Сеть 220 В».
- Примечание: можно подать газ и из газового баллона (см. разделы «Инструкция по подключению установки» и «Описание лабораторного стенда»).
13. Рассчитать концентрацию при нормальных условиях по формуле 1.

4. Обработка данных

Результат измерения концентрации вредного вещества приводят к нормальным условиям (C_H): температура – 293 К, атмосферное давление – 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), относительная влажность – 60%.

Концентрацию C_H при нормальных условиях (мг/м^3) вычисляют по формуле:

$$C_H = \underline{C}_{t,\varphi,p} \frac{(273+t) \cdot 101,3}{293 \cdot p} \cdot K, \quad (1)$$

где $\underline{C}_{t,\varphi,p}$ – результат измерения концентрации вредного вещества (мг/м^3) при температуре окружающего воздуха, равной t ($^{\circ}\text{C}$), относительной влажности φ (%) и атмосферном давлении p (кПа);

t – температура в помещении на момент измерения, $^{\circ}\text{C}$;

p – атмосферное давление на момент измерения, кПа;

K_B – коэффициент, учитывающий влияние температуры и влажности окружающего воздуха на показания (для условий учебной лаборатории принимаем $K_B = 1$).

Таблица 1. Протокол результатов измерений и вычислений

№ п/п	Наименование исследуемого газа	Время замера, мин	Результаты замеров концентрации, $\underline{C}_{t,\varphi,p}$ г/м ³	ПДК в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 51330.19-99	Концентрация при нормальных условиях C_H , мг/м ³

Форма отчетности

1. Краткое описание работы установки.
2. Схема установки.
3. Результаты измерений.
4. Выводы и предложения по защите от загазованности.

Контрольные вопросы

1. Что такое вредные вещества и какими путями они поступают в организм человека?
2. Какое влияние на человека оказывают вредные вещества?
3. Как классифицируются вредные вещества по характеру воздействия на

организм человека?

4. Что такое токсичность, от чего она зависит?

5. Что такое ПДК? Их значение для профилактики отравлений и профзаболеваний.

6. Как подразделяются вредные вещества по степени воздействия на организм человека (степени токсичности)?

7. Какие существуют показатели токсичности? Их определение.

8. Какие требования предъявляются к качеству воздуха в производственных помещениях при наличии в нем примесей веществ однонаправленного и разнонаправленного действия?

9. Как производится контроль состояния качества воздуха в рабочей зоне? Периодичность контроля.

10. Дайте характеристику используемых методов контроля воздушной среды.

11. Какие мероприятия используются на производстве для борьбы с загазованностью воздуха?

Список литературы

1. Н.В. Селиванова и др. Промышленная экология. Методические указания к лабораторным работам. – Владимир.: Вл. ГУ, в 2 ч., 2003. – 34 с.
2. Пирумов А. И. Обеспыливание воздуха. – М.: Стройиздат. 1974. – 207 с.
3. Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации. – М.: Химиздат. 2005. – с. ISBN: 5-93808-051-9.
4. Соколов-Петрянов И.В. Избранные труды. Законы фильтрации аэрозолей. –М.: Наука, 2007. – 458 с. ISBN: 978-5-02-035910-9.
5. Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. – М.: Медицина. 1988. – С. 176–191.
6. Корольченко А.Я., Корольченко В.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средства их тушения. Справочник часть 1–2. – М.: Химия, 2004 г.
7. ГОСТ 12.1.044-89. «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов». Номенклатура показателей и методы их определения.

Абикенова Асель Амангельдиевна
Санатова Тоты Сабировна
Джамбаева Алтынай Зиятқызы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И НОРМИРОВАНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В
ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов всех образовательных программ

Редактор:

Жанабаева Е.Б.

Специалист по стандартизации :

Ануарбек Ж.А.

Подписано в печать _____

Тираж 50 экз.

Объем 0,88 уч.-изд. л.

Формат 60×84 1/16

Бумага типографская № 1

Заказ ____ Цена 440 тенге.

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013 Алматы, Байтурсынова, 126/1