

U. S. DEPARTMENT OF HEALTH, EDUCATION, AND WELFARE
Public Health Service
Center for Disease Control
National Institute for Occupational Safety and Health

Руководство
Национального института охраны труда (NIOSH)
по измерению концентраций
вредных веществ в воздухе

NIOSH Occupational Exposure Sampling Strategy Manual

Нельсон Лейдел, Кеннет Буш и Иеремия Линч
(Nelson A. Leidel, Kennet A. Busch and Jeremiah R. Lynch)

Министерство здравоохранения, образования и социального обеспечения США
(сейчас называется - Министерство здравоохранения и социальных служб)

US Department of Health, Education and Welfare

Департамент здравоохранения
Public Health Service

Центры по сдерживанию заболеваний
Centers for Disease Control

Национальный институт охраны труда
National Institute for Occupational Health and Safety

Цинциннати, Огайо
Январь 1977г

Предисловие к переводу

Этот документ переведён без консультации со специалистами по статистике, медицине и др, и в нём могут быть неточности. При возникновении любых сомнений обращайтесь к первоисточнику (ссылка над обложкой).

Настоящий документ был разработан как научная основа для определения загрязнённости воздуха, вдыхаемого рабочими промышленных предприятий. Нужно сказать, что он не имеет никакой юридической силы, и выполнение приводимых ниже рекомендаций - не является обязательным для работодателя. Однако поскольку эти рекомендации - научно обоснованы, именно они используются в инструкции [TED 1-0.15A]¹ для государственных инспекторов по охране труда (которая описывает порядок проведения замеров загрязнённости воздуха), когда те проверяют выполнение требований законодательства. Поэтому тот работодатель, который хочет избежать привлечения к ответственности за нарушение законодательства, будет вынужден учитывать приведённые ниже рекомендации. За период 1979-2013 государственные инспектора США сделали около 1.5 млн замеров загрязнённости воздуха.

Это руководство разрабатывалось с учётом следующих обстоятельств - того, что загрязнённость воздуха не постоянна, она различна в разных местах, и она меняется с течением времени; того, что из-за непостоянства загрязнённости воздуха её точное измерение приборами любой высокой точности в принципе невозможно; и того, что результаты измерений могут использоваться как аргументы при судебном процессе - то есть, они должны быть достаточно надёжными. Эти обстоятельства привели к следующим последствиям:

- Для определения загрязнённости воздуха, которым дышат рабочие, разрешается использовать только измерение концентрации загрязнений в зоне дыхания - около лица на расстоянии до 25 см. Практика показала, что загрязнённости вдыхаемого воздуха может превышать загрязнённость воздуха рабочей зоны в среднем в десятки и сотни раз. Использование измерений загрязнённости воздуха рабочей зоны допускается только для определения, например, изменений эффективности вентиляции и т.п. Подробности - в [Техническом приложении С](#), стр. 77-79.

- Так как обычно концентрация воздушных загрязнений очень непостоянна, для правильного измерения среднесменной концентрации нужно проводить длительные замеры - в течение всей смены, или большую её часть. Кратковременные замеры не позволяют правильно определить среднесменную концентрацию.

- Если результат измерений близок к ПДК, и концентрация непостоянна, то велика вероятность того, что из-за случайных изменений в другой раз, когда замер не проводится, она превысит ПДК. Поэтому стандарты по охране труда, регулирующие выполнение работ с вредными веществами, устанавливают два ограничения: *PEL* (ПДК) и *Action level* (уровень реагирования). Первое ограничение не должно превышать (с вероятностью 95%). Второе ограничение равно 1/2 ПДК, и его превышение не является нарушением законодательства. Это второе ограничение установлено для того, чтобы - при его превышении - работодатель стал более строго следить за ситуацией (в этом случае он обязан проводить измерения загрязнённости воздуха в зоне дыхания чаще, требования к точности измерений выше, и некоторые стандарты по охране труда обязывают проводить специальное медобследование рабочих, например измерять содержание свинца и кадмия в крови - биомониторинг). То есть, если загрязнённость воздуха непостоянна, и измеренная загрязнённость низкая, то вероятность превышения ПДК тоже низкая. А если измеренная загрязнённость высокая, то вероятность превышения ПДК высокая, и законодательство обязывает работодателя принимать дополнительные меры безопасности для защиты рабочих. При низкой загрязнённости они не требуются, что снижает нагрузку на работодателя.

- Так как загрязнённость воздуха непостоянна, её точное измерение в принципе невозможно. Поэтому, с учётом необходимости использовать результаты измерений в суде, устанавливаются статистические требования к качеству измерений. Считается, что работодатель нарушил требования законодательства, если, например, (с учётом погрешности измерения), измеренная инспектором среднесменная концентрация превысила ПДК с доверительным уровнем (вероятностью) 95%. То есть - концентрация должна заметно превышать ПДК, и степень превышения можно определить заранее, зная способ измерений и т.п. Непостоянство концентрации загрязнений влияет на результат несравненно сильнее, чем погрешности измерения используемых приборов и методов анализа отобранных проб воздуха.

¹ [OSHA Instruction TED 01-00-015 \[TED 1-0.15A\]](#)

В СССР и РФ имелись и используются документы схожего назначения, например²³ и более старый⁴. Все эти документы отличаются от руководства NIOSH. Прежде всего, соответствующие разделы, относящиеся к измерению загрязнённости воздуха, по сравнению с настоящим руководством - значительно меньше по объёму.

Затем, в (3) очень краткий словарь используемых терминов. Например, определения термина "воздух в зоне дыхания" в (2) нет. Это в невыгодную сторону отличает упомянутые документы от более старого (4) (1988г), где чётко и однозначно указывалось определение термина "зона дыхания"⁵, и что измерение концентрации загрязнений проводится именно там (п. 4.1.1).

Также в (2 и 4) нет чётких и однозначных указаний о том, что концентрация загрязнений очень непостоянна - и в пространстве, и по времени, и что это непостоянство сильно влияет на точность измерений - сильнее, чем погрешность приборов и методов анализа. В (3) указано на это непостоянство при определении максимально-разовых концентраций, и просто рекомендовано делать не менее 3 замеров в каждой точке для определения среднесменных концентраций

Поэтому документы не содержат подробных определений - как организовать статистически-достоверный отбор проб воздуха. Менее подробно описано - как организовать проведение измерений, чтобы полученный результат достаточно хорошо соответствовал реальному среднесменному воздействию: количество и продолжительность замеров, статистические критерии и т.п. Например, в (4) упоминается использование индикаторных трубок для измерений, но нет никаких конкретных указаний (и ссылок на другие документы с такими указаниями) - сколько делать замеров, и когда. То же самое и в (3). В (2) такие указания приводятся - кратко, без подробностей и обоснования.

Авторы (3,4) в основном, старались учесть точность измерительных приборов и методов измерения, но - в отличие от руководства NIOSH - меньше внимания уделяли организации проведения замеров. А по данным NIOSH на точность результата измерения гораздо сильнее влияет именно непостоянство концентрации, а не погрешности приборов и методов анализа. Интересно отметить, что в (2) фактически рассматривали распределение результатов измерений как логарифмически-нормальное, и приводятся примеры вычислений - как и в руководстве NIOSH.

В документах (2÷4) требования к точности измерений (*относящейся к оборудованию и методам анализа*) при разных концентрациях отличаются (они меняются при разной степени загрязнённости), а какого-то аналога "уровня реагирования" (*как в настоящем руководстве NIOSH = 0.5 ПДК*) - нет. В (4) фактически допускается снижение точности при увеличении концентрации загрязнений (когда она больше 1 ПДК). В (2÷4), в зависимости от класса вредности вредных веществ, но вне зависимости от концентрации, даются указания по периодичности проведения измерений.

Наконец, руководство NIOSH изначально разрабатывалась как научная основа для проведения измерений такого качества, которое позволит использовать их при судебном разбирательстве, а российские/советские документы - носят менее доказательный, "не-юридический" характер. В руководстве NIOSH не устанавливаются классы вредности в зависимости от степени превышения ПДК - стандарты по охране труда в США классы вредности не рассматривают.

Сведений о числе замеров загрязнённости воздуха, сделанных инспекторами по охране труда в РФ в соответствии с упомянутыми документами, найти пока не удалось.

Из-за отличий (вышеупомянутых и других) между руководством NIOSH и аналогичными документами, разрабатывавшимися со схожими целями в РФ и СССР, это руководство может быть интересно для тех, кто сталкивается с измерением загрязнённости воздуха, и работой в загрязнённой атмосфере. Для тех, у кого мало времени - рекомендуется прочитать техническое приложение С, где кратко (2 стр) объясняются причины использования измерений загрязнённости воздуха в зоне дыхания индивидуальными пробоотборниками, а не загрязнённости воздуха рабочей зоны.

2 Руководство Р 2.2.2006-05 «[Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда](#)»

3 МУ 2.2.5.2810-10. "[Организация лабораторного контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны предприятий основных отраслей экономики](#)"

4 ГОСТ 12.1.005-88 [Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны](#)

5 Пространство в радиусе до 50 см от лица работающего" - *приложение 1 стр. 7.*

Авторы:

Нельсон Лейдел, Кеннет Буш и Иеремия Линч
(*Nelson A. Leidel, Kennet A. Busch and Jeremiah R. Lynch*)

При участии:

David L. Budenaers and Yaakov Bar-Shalom
Systems Control Inc
Palo Alto, California 94304
NIOSH Contract CDC-99-74-75

Для продажи: *Superintendent of Documents,*
US Government Printing Office, Washington, DC 20402

Это руководство - четвёртая публикация NIOSH, относящаяся к использованию вычислительных и аналитических методов в области промышленной гигиены. Три предыдущих публикации:

- *Statistical Methods for the Determination of Noncompliance with Occupational Health Standards, NIOSH Report 75-159* (апрель 1975) - документ, схожий со справочником, и относящийся к статистической обработке для установления нарушений требования законодательства, ограничивающего вредное воздействие на рабочих, и предназначенный в основном для государственных инспекторов по охране труда. Но приведённый материал и выводы могут использоваться промышленными гигиенистами и работодателями. Цена 3 доллара.

- *Handbook for Statistical Tests for Evaluating Employee Exposure to Air Contaminants, NIOSH Report 75-147* (апрель 1975) - содержит справочную информацию и статистическую теорию для отбора проб воздуха при не постоянной концентрации загрязнений. Приводятся сложные методы для приведения графиков к результатам серии разовых кратковременных измерений. Цена 3.95 доллара.

- *Exposure Measurement Action Level and Occupation Environmental Variability, NIOSH Report 76-131* (декабрь 1975) - документ, объясняющий необходимость и техническое обоснование установления (и использования) уровня реагирования (*action level*), равного 1/2 ПДК (TWA) (*Этот уровень используется для того, чтобы определить - насколько тщательно должно проводиться измерение вредного воздействия и другие мероприятия. Например, если загрязнённость воздуха превысила этот уровень, то законодательство требует проводить её измерения чаще, чем в случаях, когда концентрация загрязнений ниже уровня реагирования*). Приводится статистическая теория для допустимых пределов (*tolerance limits*) и ПДК (TWA) при ежедневном воздействии. Представленные графики риска (воздействия на рабочих) показывают различные вероятности того, что среднесменное воздействие за восьмичасовую смену (не измеряемое - в разные дни) превысит ограничения, установленные законодательством с вероятностью (риском) по крайней мере 5%, если измеренные в течение (одного) дня средние концентрации (за 8 часов, TWA) случайно оказываются ниже установленных законодательством ограничений на указанную величину. Цена 1.1 доллар.

Предисловие

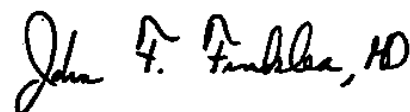
Одним из важных шагов для снижения риска повреждения здоровья из-за вдыхания токсичных химических веществ является измерение и определение воздействия этих веществ на рабочих. Закон об охране труда 1970г (*Occupational Safety and Health Act of 1970*) признаёт крайнюю важность измерения воздействия на рабочих: раздел 6(b)(7) закона требует, чтобы стандарты по охране труда (*схожие с СанПин в РФ*), опубликованные министром труда, обеспечивали измерение или определение воздействия на рабочих в таких местах и таким способом, которые могут потребоваться для (надёжной) защиты рабочих. Раздел 8(c)(3) закона указывает, что разрабатываемые нормативные документы, относящиеся к области охраны труда, (должны) требовать от работодателя точного измерения и сохранения записей об измерениях воздействия (тех) потенциально токсичных веществ, за которыми должно проводиться наблюдение согласно разделу 6 (закона).

Чтобы (надёжно) защитить здоровье рабочих, замеры воздействия на них должны отражать реальное воздействие, быть характерными - без погрешности (смещения среднего значения). Для правильного измерения воздействия нужны не только помощь сотрудников (*token commitment*), измерительное оборудование и возможность провести анализ отобранных проб. Для наилучшего использования средств измерения нужна подходящая стратегия (план) отбора проб в программе определения воздействия (мониторинга).

В этом руководстве приводятся результаты почти пятилетних исследовательских работ в области статистики, проводившихся сотрудниками NIOSH и других организаций (по контрактам). Измерение воздействия и оценка результатов требуют использования статистической обработки, учитывающей непостоянство концентрации вредных веществ, которая вызвана отбором проб, их анализом и внешними условиями. Исследования NIOSH позволяют дать рекомендации для (разработки) эффективной стратегии проведения измерений и оценки их результатов.

Это руководство разработано для того, чтобы работодатели лучше понимали характер и назначение установленных государством требований к измерению вредного воздействия. Оно даёт рекомендации для разработки и выполнения эффективных программ измерения воздействия на рабочих для сбережения их здоровья.

John F. Finklea, MD
директор NIOSH



Вступление

В январе 1974г мы помогли сформулировать начальные требования к измерениям воздействия на рабочих для проекта стандарта по охране труда, который позднее был разработан для объединённой (OSHA/NIOSH) Программы выполнения (*разработки*) стандартов *Standards Completion Program SCP*. Тогда мы поняли, что должны сделать доступным (для работодателей и специалистов по промышленной гигиене) документ, который бы информировал и подробно объяснял цели и задачи (установленных государством) требований к определению воздействия на рабочих. Мы также представляли себе руководство, содержащее рекомендации NIOSH о том, какими способами (следует) выполнять требования - чтобы сделать это с минимальными затратами, но в то же время обеспечить адекватную защиту рабочих, подвергающихся воздействию химических веществ. Это руководство предназначено как для неопытных, так и для опытных промышленных гигиенистов и специалистов по технике безопасности. Оно поможет им выполнить свои обязанности:

- При разработке плана отбора проб воздуха для определения воздействия химических веществ, загрязняющих воздух в производственных условиях.
- Определить необходимость в проведении измерений воздействия.
- Оценить результаты измерений воздействия.
- Принять решение о том, какие действия следует предпринять в соответствии с требованиями законодательства - такими, как 29 CFR 1910 Subpart Z (*Стандарт по охране труда, устанавливающий ограничения концентрации вредных веществ во вдыхаемом воздухе в США*).

Такое руководство было разработано System Control Inc (SCI) по контракту с NIOSH (#CDC-99-74-75). Окончательная редакция руководства *SCI Final Field Handbook (#SCI 5119-2)* была готова в мае 1975г. А настоящий документ разработан на основе руководства SCI, и он включил в себя идеи и мнения специалистов, полученные от них при использовании руководства SCI.

Также это руководство должно ответить на дополнительные вопросы, которые получили авторы за последние годы, относящиеся к техническим моментам (*points of technical intent*), и назначения требований к измерению загрязнённости воздуха. Пожалуйста, учтите то, что в главе 4 большинство описанных статистических методов предназначены для людей, не имеющих специальной подготовки в области статистики, и поэтому - для простоты и понятности - мы иногда поступались статистической значимостью или эффективностью. Также (учтите), что предложенные статистические методы не являются (единственно возможными и), не являются обязательными для выполнения. Они являются (лишь) техническими рекомендациями NIOSH, предназначенными для помощи работодателю, разрабатывающему эффективную программу измерения воздействия на сотрудников, и они должны помочь ему принять правильное решение на основании результатов измерений воздействия на рабочих.

Если работодатель захочет обеспечить дополнительную защиту своих сотрудников, то он может использовать для этого предложенные методы. Могут быть разработаны альтернативные методы проведения измерений; или (обработки результатов и) принятия решений; или и то, и другое - (но) так, чтобы была обеспечена эквивалентная, или более высокая степень защиты рабочих. Авторы приветствуют проведение дополнительных исследований в этой области.

Мы надеемся, что эта публикация - только первое издание настоящего руководства. Лучше всего было бы провести проверку этого руководства в производственных условиях - перед публикацией, но мы считаем, что с точки зрения сохранения здоровья работающих будет лучше опубликовать эту информацию своевременно. Нас интересуют Ваши комментарии и идеи, относящиеся к улучшению этого руководства, особенно то, как сделать его практичным и полезным руководством для людей, работающих на производстве. Наши цели: простота, полезность и объективность.

Нельсон Лейдел, Кеннет Буш и Иеремия Линч

Реферат

Настоящее руководство объясняет работодателю, с какой целью требуется проводить измерение воздействия на рабочих. Эти цели были предложены в проектах стандартов (по охране труда), разработанных для объединённой (OSHA/NIOSH) Программы выполнения стандартов *Standards Completion Program SCP*. Приведённые в настоящем руководстве технические рекомендации NIOSH относятся к способам выполнения требований действующего законодательства, которые обеспечивают адекватную защиту сотрудников, и в то же время минимизируют затраты работодателя. Приведены статистические стратегии (планирования и) проведения измерений, которые (должны) помочь работодателю разрабатывать эффективные программы измерения воздействий (на рабочих) химических веществ, загрязняющих воздух.

Приведены способы анализа результатов измерений, относящихся к взаимосвязи этих результатов и требованиями законодательства, ограничивающими вредное воздействие (воздушных загрязнений). Критерии для принятия решения основаны на предположениях о нормальном распределении погрешностей измерений (отбора проб и их анализа), и о логарифмически-нормальном распределении (значений) концентрации воздушных загрязнений. В этом руководстве также обсуждаются вопросы, относящиеся к промышленной гигиене - определение необходимости измерения воздействия, хранении записей о результатах измерений, и природы последствий и симптомов при воздействии токсичных веществ. Стратегия проведения измерений также содержит рекомендации о выборе участников и выборе времени проведения измерений.

Оглавление

	стр.
<i>Предисловие к переводу</i>	<i>1</i>
Предисловие	4
Вступление	5
Реферат	6
Благодарности	10
Словарь (условные обозначения)	11
0. Введение	13
0.1. Ограничения руководства	13
0.2. Как пользоваться руководством	13
Глава 1. Измерение воздействий загрязнённого воздуха на рабочих в производственных условиях - история вопроса	15
1.1. Закон об охране труда 1970г.	15
1.2. Федеральные стандарты по охране труда и технике безопасности (29 CFR 1910, Subpart Z)	16
1.3. Значения ПДК (TLV), установленные Американской ассоциацией государственных промышленных гигиенистов (ACGIH)	17
1.4. Стандарты по охране труда, предлагаемые OSHA	18
1.5. Статистика и измерение вредных производственных воздействий	21
1.6. Статистика и выполнение требований законодательства	24
Глава 2. Определение необходимости проведения измерений производственных воздействий	28
2.1. Физическое состояние воздушного производственного загрязнения	28
2.1.1 Газы	28
2.1.2. Пары	29
2.1.3. Пыль	29
2.1.4. Дым	29
2.1.5. Туман	29
2.2. Физиологическая классификация токсического воздействия	29
2.2.1. Раздражающие вещества	29
2.2.2. Удушающие отравляющие вещества	29
2.2.3. Наркотические и обезболивающие вещества	29
2.2.4. Системные токсичные вещества (<i>systemic poisons</i>)	29
2.2.5. Химические канцерогенные вещества	30
2.2.6. Вещества, воздействие которых приводит к образованию рубцов в лёгких	30
2.2.7. Химические тератогенные вещества	30
2.3. Пути попадания вредных веществ в организм и интенсивность воздействия	30
2.4. Изучение веществ, используемых на предприятии	31
2.5. Технологический процесс как причина загрязнения воздуха	32
2.6. Обследование рабочих мест	33
2.7. Вычисление концентрации вредных веществ	38
2.8. Жалобы рабочих или симптомы	39
2.9. Отчёт о проведении изучения производственных условий	39
Глава 3. Стратегия отбора проб при измерении воздействий	41
3.1. Выбор сотрудника или сотрудников, у которых будут проводиться измерения	41
3.1.1. Выбор подгруппы рабочих, у которых уровень риска максимальный	41
3.1.2. Случайный выбор в группе рабочих с однородным /схожим риском	42
3.1.3. Выбор рабочих для планового периодического измерения воздействий	43
3.2. Отбор проб воздуха для определения концентрации загрязнений - индивидуальный, в зоне дыхания и воздуха рабочей зоны	45
3.3. Стратегия измерения воздействий	45
3.3.1. Одно измерение в течение всего периода	45
3.3.2. Несколько последовательных измерений в течение всего периода	45
3.3.3. Последовательные замеры, проводимые в течение части периода	47
3.3.4. Серия кратковременных отборов проб (<i>grab samples measurement</i>)	47

<u>3.4. Измерение воздействия для стандарта, ограничивающего среднесменное воздействие</u>	47
<u>3.5. Измерение воздействия для стандарта, ограничивающего кратковременное воздействие</u>	49
<u>3.6. Запись результатов измерения воздействия</u>	51
<u>3.7. Интервал между днями проведения измерений</u>	53
<u>3.8. Прекращение измерений воздействия</u>	53
<u>3.9. Стратегия проведения измерений для рабочих, которые подвергаются редкому воздействию опасных веществ</u>	53
Глава 4. Статистический анализ результатов измерений воздействий	55
<u>4.1. Пределы доверительных интервалов</u>	55
<u>4.2. Классификация воздействий для стандарта, ограничивающего среднесменное воздействие за 8-часовую смену</u>	57
4.2.1. Один замер в течение всей смены	57
4.2.2. Проведение серии последовательных измерений в течение всего периода, и в течение части периода	58
4.2.2.1. Однородное воздействие в течение всего периода	59
4.2.2.2. Неоднородное воздействие в течение всего периода	60
4.2.2.3. Последовательные замеры в течение части периода (только для инспекторов)	61
4.2.3. Серия кратковременных замеров, небольшое число замеров (меньше 30 замеров в течение периода, к которому относится установленное стандартом ограничение)	61
4.2.4. Серия кратковременных измерений, большое число замеров (больше 30 замеров в течение периода, к которому относится установленное стандартом ограничение)	66
<u>4.3. Классификация воздействий при ограничении кратковременное воздействие</u>	67
4.3.1. Классификация на основе измеренных значений концентрации	67
4.3.2. Классификация с учётом интервалов, когда измерение воздействия не проводилось	68
<u>4.4. Вычисление среднего геометрического для длительного воздействия, и использование вероятности нарушения требований (стандартов по охране труда) при принятии решения об (необходимости) установки технических средств снижения воздействия</u>	70

Технические приложения

<u>A Вычисление числа участников измерений - подгруппы максимального риска - из однородной группы с высоким уровнем риска</u>	73
<u>B Непостоянство воздействия в производственных группах, у которых ожидается схожий риск воздействия</u>	75
<u>C Неадекватность использования измерения загрязнённости воздуха рабочей зоны для определения воздействия на рабочего</u>	77
<u>D Коэффициенты изменчивости и требования к точности методов отбора проб и их анализа при их применении в промышленной гигиене</u>	80
<u>E Влияние числа замеров на демонстрацию того, выполняются ли требования стандартов по охране труда</u>	84
<u>F Выбор случайных интервалов времени в пределах 8-часовой смены</u>	90
<u>G Поправки на (измерение) температуры и давления при определении объёма отобранного воздуха в промышленной гигиене, и вычисления концентраций (ppm)</u>	92
<u>H Вычисление средней по времени концентрации (TWA)</u>	96
<u>I Логарифмически-нормальные графики измеренных воздействий и средних воздействий</u>	98
<u>J Доверительные пределы и уровни доверия, и их влияние рабочего и на риск рабочего</u>	107
<u>K Статистическая теория (принятия) решений при измерении воздействий и ограничении кратковременных воздействий</u>	117
<u>L Необходимость в измерении производственного воздействия и в применении уровня реагирования</u>	120
<u>M Нормальное и логарифмически-нормальное распределение частот</u>	124
<u>N Рекомендации по выбору консультанта по промышленной гигиене и использованию его помощи</u>	129

Изображения

Фиг. 1.1. Рекомендуемая NIOSH методика определения и измерения воздействия на сотрудников	22
Фиг. 1.2. Результаты измерения концентрации монооксида углерода - пример непостоянства концентрации воздушных загрязнений	24
Фиг. 2.1. Размеры частиц аэрозолей	31
Фиг. 2.2. Паспорт безопасности (Material Safety Data Sheet) вариант OSHA, 2 страницы (form-20)	34
Фиг. 2.3. Паспорт безопасности (Material Safety Data Sheet) вариант NIOSH, 4 страницы (1977r)	35
Фиг. 3.1. Схема, иллюстрирующая возможные способы измерения среднесменного 8-ми часового воздействия	46
Фиг. 3.2. Запись об измерении воздействия на сотрудника	52
Фиг. 4.1. Примеры односторонних верхних (UCL) и нижних (LCL) доверительных пределов	56
Фиг. 4.2. Классификация воздействий в соответствии с односторонними доверительными пределами	56
Фиг. 4.3. Схема классификации при проведении серии кратковременных измерений	62
Фиг. 4.4. Схема классификации воздействия при проведении серии кратковременных замеров для примера из раздела 4.2.3	63
Фиг. 4.5. График для определения стандартизованного среднего воздействия	65
Фиг. В-1. Логарифмически-нормальное распределение производственного воздействия у группы рабочих со схожим ожидаемым воздействием	76
Фиг. Е-1. Влияние числа последовательных замеров, охватывающих весь период, на демонстрацию (подтверждение) выполнения требований при мощности проверки 50%	84
Фиг. Е-2. Влияние числа кратковременных замеров на демонстрацию выполнения требований	85
Фиг. Е-3. Влияние числа последовательных замеров, охватывающих весь период, на демонстрацию нарушения требований при мощности (power) проверки 50%	86
Фиг. Е-4. Влияние числа кратковременных замеров на показ демонстрацию нарушения требований	87
Фиг. Е-5. Влияние количества последовательных замеров, охватывающих часть периода, и влияние полной продолжительности всех замеров на показ нарушения требований при мощности (power) проверки 50%	89
Фиг. G-1. Номограмма для получения массовой концентрации (мг/м ³) с помощью объёмной (ppm)	94
Фиг. I-1. Бумага с логарифмически-нормальными шкалами - двухцикловая	99
Фиг. I-2. Бумага с логарифмически-нормальными шкалами - трёхцикловая	100
Фиг. I-3. Рекомендации по интерпретации результатов измерений, использованных при построении графика в логарифмически-нормальной системе координат	101
Фиг. I-4. Распределение 12 значений измеренных концентраций фтороводорода HF	102
Фиг. I-5. Распределение средних воздействий метакрилата на рабочих	103
Фиг. J-1. Предсказанное распределение результатов измерений, которые получатся при одновременном проведении замеров у одного и того же рабочего 8 часов непрерывно	108
Фиг. J-2. График функции мощности (критерия) для одностороннего интервала (при проверке работодателем и 5% уровне риска) для проверки выполнения требований	112
Фиг. J-3. График функции мощности (критерия) для одностороннего интервала (при проверке инспектором и 5% уровне риска) для проверки нарушения требований	113
Фиг. J-4. График функции мощности (критерия) для одностороннего интервала (при проверке инспектором и 1% уровне риска) для проверки нарушения требований	114
Фиг. J-5. График функции мощности (критерия) для одностороннего интервала (при проверке работодателем и 5% уровне риска) для проверки выполнения требований	115
Фиг. J-6. График функции мощности (критерия) для одностороннего интервала (при проверке инспектором и 5% уровне риска) для проверки нарушения требований	116
Фиг. L-1. Графики риска чрезмерного воздействия на рабочего при ограничении среднесменного воздействия (8-часовая ПДК), и проведении одного замера воздействия	122
Фиг. M-1. Графики нормального и логарифмически-нормального распределений, у которых одинаковые средние арифметические значения и стандартные отклонения	125
Фиг. M-2. (Разные) логарифмически-нормальные распределения концентрации при одинаковом среднем арифметическом значении 10 ppm	126

Таблицы

Таблица 1.1. Стандарт по охране труда (OSHA) при работе с 2-пентаном и соответствующие разделы настоящего руководства	19
Таблица 1.2. Статистические популяции при измерении производственных воздействий	22
Таблица 2.1. Потенциально опасные операции и воздушные загрязнения	37
Таблица 3.1. Размер необходимой подгруппы для получения максимальных 10% значений с вероятностью 90%	42
Таблица 3.2. Таблица случайных чисел для случайного отбора части из большой группы	44
Таблица 4.1. Классификация возможных случаев воздействия на сотрудников	57
Таблица 4.2. Таблица для определения доли площади, которая находится под графиком "накопительного" нормального распределения, отделяемым взятым значением	69
Таблица А-1. Отбор подгруппы рабочих для доли рабочих с наибольшим воздействием 10% ($\tau = 0.1$) и уровнем доверия 0.9 ($\alpha=0.1$)	74
Таблица А-2. Отбор подгруппы рабочих для доли рабочих с наибольшим воздействием 10% ($\tau = 0.1$) и уровнем доверия 0.95 ($\alpha=0.05$)	74
Таблица А-3. Отбор подгруппы рабочих для доли рабочих с наибольшим воздействием 20% ($\tau = 0.2$) и уровнем доверия 0.9 ($\alpha=0.1$)	74
Таблица А-4. Отбор подгруппы рабочих для доли рабочих с наибольшим воздействием 20% ($\tau = 0.2$) и уровнем доверия 0.95 ($\alpha=0.05$)	74
Таблица В-1. Наибольшие воздействия при логарифмически-нормальном распределении	76
Таблица D-1. Полные коэффициенты изменчивости для некоторых способов NIOSH отбора проб и их анализа	81
Таблица D-2. Коэффициенты изменчивости для некоторых способов отбора проб и анализа	83
Таблица F-1. Использование случайных чисел для случайного выбора периода проведения замера	91
Таблица G-1. Среднее абсолютное атмосферное давление	92
Таблица I-1. Положение на оси OX разных точек при разном числе замеров	103
Таблица L-1. Сравнение программ контроля качества продукции и программ измерений воздействий на рабочего	121
Таблица M-1. Взаимосвязи между логарифмическими параметрами и арифметическими параметрами логарифмически-нормального распределения	127

Благодарности

Авторы благодарны многим людям за их письма, комментарии, предложения и конструктивную критику. Мы не можем поблагодарить всех индивидуально, и мы используем эту возможность, чтобы поблагодарить Вас за Ваш интерес и вклад (в разработку руководства). Особая благодарность выражается тем, кто изучил руководство SCI (Report #5119-2), и сделал письменные комментарии, которые сильно повлияли на написание настоящего руководства:

Говард Ауэр (<i>Howard E Ayer</i>)	Университет Цинциннати
Ачисон Дункан (<i>Acheson J Duncan</i>)	Университет Джона Гопкинса
Джон Гарис (<i>John W Garis</i>)	<i>Kemper Insurance Co.</i>
Уильям Хейтбринк (<i>William Heitbrink</i>)	NIOSH
Стюарт Хантер (<i>J Stuart Hanter</i>)	Университет Принстона
Джон Моррисон (<i>John Morrison</i>)	NIOSH
Морис Оберг (<i>Maurice Oberg</i>)	<i>LFE Environmental Corp.</i>
Бернард Зальцман (<i>Bernard Saltzman</i>)	Университет Цинциннати
Уильям Тод (<i>William Todd</i>)	NIOSH

Особая благодарность выражается также тем специалистам, которые (прислали) свои подробные комментарии к проекту настоящего руководства:

Жанне Бург (<i>Jeanne Burg</i>)	NIOSH
Лорис Эде (<i>Lorice Ede</i>)	NIOSH
Уильям Келли (<i>William Kelly</i>)	NIOSH
Говард Людвиг (<i>Howard Ludwig</i>)	NIOSH
Рэй Максон (<i>Ray Maxson</i>)	Dow Chemical

Грегори Соха (*Gregory Socha*) Dow Chemical USA
Дэвид Тейлор (*David Taylor*) NIOSH
Флойд Ван Атта (*Floyd Van Atta*) Quinnipiac college

(Мы) не смогли учесть и принять все предложения. Ответственность за окончательные рекомендации и любые возможные ошибки ложится исключительно на авторов.

Мы благодарим мистера Джо Липера за подготовку материалов, которые частично стали основой глав 1 и 2. Мистер Огест Лотман участвовал в подготовке иллюстраций. Мы особо благодарны миссис Патриции Зендер и Эвелин Джонс за их терпение, вклад и экстенсивную помощь при подготовке документа к публикации. Мариан Карри и Том Дэвис отвечали за редактирование документа и его сопровождение до публикации.

Словарь (условные обозначения)

AL - *Action Level* – Уровень реагирования в стандарте 29 CFR 1910 подчасть Z.

CFR - *Code of Federal Register* – (Сборник) кодекс федеральных (административных) законов США.

CSTD - ПДК при кратковременном воздействии, установлены, например, в федеральных стандартах 29 CFR 1910 подчасть Z.

CV - Коэффициент изменчивости, показатель относительного непостоянства. Другое название - относительное стандартное отклонение RSD (вычисляется делением стандартного отклонения на среднее значение). Обсуждается в техническом приложении D.

GM - Среднее геометрическое значение. Используется в разделе 4.4, и обсуждается в техническом приложении M.

GSD - Стандартное геометрическое отклонение, показатель непостоянства (изменчивости) значений, которые распределены согласно закону логарифмически-нормального распределения. Используется в разделе 4.4, и обсуждается в техническом приложении M.

K - Количество интервалов, когда не проводились измерения, и когда ожидалось большое воздействие. Используется в разделе 4.3.2.

LCL - Нижний (односторонний) доверительный предел измеренного воздействия. Если не указано другое, то LCL определяется при 95% доверительном уровне.

LCL(90%) - LCL при 90% одностороннем доверительном уровне.

n - Размер выборки/число измерений (например - число замеров, или число дней, которые анализируются).

Pc - Вероятность выполнения ограничений (кратковременного воздействия) для всех K интервалов, в которых не проводилось измерение. Используется в разделе 4.3.2.

Pn - Вероятность того, что воздействие на сотрудника превысит допустимое в течение длительного периода времени (за много дней), используется в разделе 4.4.

PEL - ПДК, установленные федеральными стандартами 29 CFR 1910 подчасть Z.

s - Стандартное отклонение значений y_i ($i=1 \div n$), вычисляется в разделе 4.2.3.

S - Стандартное отклонение значений Y_i ($i=1 \div n$), вычисляется в разделах 4.2.3, 4.3 и 4.4.

STD - ПДК для среднего по времени воздействия (не кратковременного, а за смену и т. д.). Это может быть ПДК, установленные федеральными стандартами (29 CFR 1910.1000). Другое название - *Permissible Exposure Limit (PEL)*.

TLV - *Threshold Limit Value* – ограничения, схожие с ПДК, разработанные ACGIH. В отличие от PEL, эти "ПДК" не являются законодательно - обязательными для выполнения.

TWA - Средняя по времени концентрация. Подробное описание вычисления приводится в приложении H.

UCL - Верхний (односторонний) доверительный предел среднего измеренного воздействия. Если нет других указаний, то UCL определяется для 95% уровня доверия.

UCL(99%) - UCL при 99% одностороннем доверительном уровне.

x - Стандартизованная концентрация за всё время замера. Вычисляется делением концентрации в этом замере (X) на STD или на CSTD: $x = X/STD$ или $x = X/CSTD$.

xi - Стандартизованная концентрация при проведении замера i. Вычисляется делением концентрации в этом замере i (Xi) на ПДК (STD или на CSTD): $xi = Xi/STD$ или $xi = Xi/CSTD$.

\bar{x} - Среднее стандартизованное воздействие, используется в технических приложениях D, E и J.

\bar{X} - Среднее воздействие за весь период проведения измерений.

Xi - Вычисленная концентрация, измеренная при проведении замера i (в серии замеров $i = 1 \div n$).

X* - Лучшая оценка средней концентрации, вычисленной с помощью проведения серии кратковременных замеров, раздел 4.2.3.

X*/STD - лучшая оценка среднего стандартизованного воздействия, вычисленного с помощью проведения серии кратковременных замеров, раздел 4.2.3.

yi - Десятичный логарифм от стандартизованного измеренного значения концентрации, вычисляется в разделе 4.2.3. $yi = \log_{10}(xi)$.

\bar{y} - Среднее арифметическое n значений yi. Используется в разделе 4.2.3.

Yi - Десятичный логарифм среднего за день измеренного и стандартизованного воздействия., вычисляется в разделе 4.4 [$Yi = \log_{10}(xi$ или xi или $(X*/STD)i$].

\bar{Y} - Среднее арифметическое логарифмических значений (Yi), вычисляется в разделе 4.4.

z - Параметр нормального распределения, который используется в главе 4 для получения вероятностей - (получается) из таблицы 4.2.

β - Вероятность нарушения ограничений (кратковременной ПДК - CSTD) хотя бы в течение одного из интервалов, когда не проводились измерения. Используется в разделе 4.3.2.

μ - истинная (средняя по времени) концентрация.

0. Введение

По определению, которое дала Американская ассоциация промышленных гигиенистов (АИНА), промышленная гигиена - это "... наука и искусство(*мастерство*), относящиеся к выявлению, измерению и регулированию таких внешних факторов, которые имеются на рабочих местах, и которые могут вызывать заболевания, ухудшение здоровья (или благополучия), или сильный дискомфорт, или снижение работоспособности у рабочих и населения". Двумя важнейшими элементами сбережения здоровья рабочих является выявление и измерение воздействия на них вредных химических веществ в производственных условиях. В настоящем руководстве приводится информация, которая может использоваться работодателем (или его представителем) для выявления вредных веществ в производственных условиях, и для помощи при определении воздействия этих веществ на рабочих.

Для правильной оценки воздействия на рабочих требуется выполнение достоверных количественных измерений, интерпретация результатов измерений с учётом накопленного опыта, и принятие правильного решения. Чтобы помочь тем людям, которые отвечают за сбережение здоровья рабочих, в главе 3 приводятся указания по проведению замеров загрязнённости воздуха, а в главе 4 - указания по статистической обработке результатов измерений. Это поможет спланировать и выполнить программы измерений (вредного) производственного воздействия. Эти процедуры являются лишь средствами для достижения цели, а не самоцелью. **ВО ВСЕХ СЛУЧАЯХ НУЖНО НЕ ЗАБЫВАТЬ, ЧТО ПРЕДСТАВЛЯЮТ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ В ОТНОШЕНИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАБОЧЕГО.** В следующих разделах приводится подробное описание требований действующего законодательства к работодателю, относящихся к его обязанностям измерять вредное воздействие на рабочих. Настоящее руководство разработано, чтобы помочь работодателю выполнить требования законодательства - выполнить свои обязанности по обеспечению здоровых и безопасных условий труда за счёт проведения адекватной программы измерения (вредных) воздействий. В разделе 1.4 подробно описаны требования Управления по охране труда (OSHA - в Минтруда США) к измерению воздействия на рабочих. Они разработаны на основе двух принципов - выявления и измерения вредных воздействий - которые используют промышленные гигиенисты много лет. Таким образом, в руководстве приводятся и требования OSHA, и те действия, которые должен предпринять промышленный гигиенист для определения (величины внешних производственных воздействий).

0.1. Ограничения руководства

Методы проведения измерений и статистической обработки их результатов, приведённые в руководстве, предназначены для (определения) производственных воздействий воздушных загрязнений (пыли, дыма, тумана, газов и паров). В техническом приложении М, и в работах Leidel and Busch (0.1) и Leidel, Busch and Crouse (0.2) более подробно обсуждается использование нормального и логарифмически-нормального распределений измеренных концентраций воздушных загрязнений. В настоящее время, из-за недостатка информации о распределении значений уровня шума, повышенной температуры и других физических факторов, неизвестно - можно ли использовать эти методы для оценки таких факторов. Но, если будет установлено, что такие воздействия соответствуют нормальному или логарифмически-нормальному распределениям, то методы, описанные в настоящем руководстве, могут использоваться для их обработки. Для тех, кого интересует воздействие радиации в шахтах, можно рекомендовать прекрасное руководство Misaqi (0.3) по проведению измерений и их анализу в таких условиях.

0.2. Как пользоваться руководством

Приведённый ниже контрольный список является общим ориентиром. Он содержит вопросы, которые Вы должны задать сами себе при разработке программы выполнения (требований законодательства), и ссылки на соответствующие главы руководства. Также ознакомьтесь с разделом 1.4 и схемой (Фиг. 1.1). Учтите, что рекомендованные процедуры (особенно - в главе 4) превышают (выходят за рамки) действующих и разрабатываемых минимальных требований законодательства.

Список контрольных вопросов, относящихся к измерению воздействия на рабочих

1. Имеются ли на рабочих местах токсичные или опасные вещества, которые могут загрязнять воздух? Да/нет, см. главу 2.
2. Если да, то проводили ли Вы определение того, может ли произойти воздействие на сотрудников воздуха, загрязнённого каждым из этих веществ, и записаны ли результаты такого определения? Да/нет, см. главу 2.
3. Если да (пункт 2), то записано ли (как минимум):
 - 3.a. Записана ли любая информация, наблюдения или вычисления, показывающие воздействие на рабочего? Да/нет, см. главу 2.
 - 3.b. Если рабочий подвергается воздействию опасного вещества, то (согласно записям) превышает ли оно уровень реагирования (*action level*)? Да/нет, см. главу 2.
 - 3.c. Жаловались ли рабочие на симптомы, вызванные воздействием? Да/нет, см. главу 2.
 - 3.d. (Имеются ли записи о) дате определения воздействия, выполнявшейся в это время работе, местоположении на рабочем месте, ФИО и номер страховки тех сотрудников, которые могли подвергаться воздействию? Да/нет, см. главу 2.
 - 3.e. Проводились ли какие-нибудь измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, или воздуха в зоне дыхания? Да/нет, см. главу 2.
 - 3.f. Показывают ли результаты медобследований на возможное воздействие? Да/нет, см. главу 2.
4. Согласно имеющимся записям, существует ли вероятность воздействия на сотрудников, превышающая уровень реагирования? Да/нет, см. главу 2.
5. Если да, то измеряли ли Вы воздействие на того (тех) рабочего (рабочих) у которых оно, скорее всего, наибольшее? Да/нет, см. главу 2.
6. Если нет, то повторяли ли Вы шаг 2 и остальные каждый раз, когда изменялась выпускаемая продукция, технологический процесс или условия работы - так, что это могло увеличить концентрацию вредных веществ (шаг 2)? Да/нет, см. главу 2.
7. Если какое-нибудь измеренное воздействие превысило уровень реагирования, то:
 - 7.a. Определяли ли Вы, кто из рабочих подвергался такому воздействию? Да/нет, см. главу 3.
 - 7.b. Брала ли Вы пробы воздуха у тех рабочих, которых выявили? Да/нет, см. главу 3.
 - 7.c. Определяли ли Вы, кто из рабочих относится к какой группе: подвергавшихся чрезмерному воздействию (свыше ПДК), возможно-подвергавшихся чрезмерному воздействию, и не подвергавшихся чрезмерному воздействию? Да/нет, см. главу 4.
8. Предпринимали ли Вы следующие действия (в зависимости от того, к какой группе относится рабочий):
 - 8.a. Проводили повторные замеры через 1 месяц у рабочих, подвергавшихся чрезмерному воздействию, и определяли - не требуется ли уменьшение воздействия? Да/нет, см. главу 3.
 - 8.b. Проводили повторный замер через 2 месяца у рабочих, возможно-подвергавшихся чрезмерному воздействию, и - когда это было возможно - относили такого рабочего к другой группе? Да/нет, см. главу 3.
 - 8.c. Проводили повторный замер через 2 месяца, у тех, кто не подвергался чрезмерному воздействию, или при изменении режима работы, и - при необходимости - относили такого рабочего к другой группе? Да/нет, см. главу 4.
9. Сообщали ли Вы рабочим, у которых воздействие превышало ПДК, об этом? Да/нет.
10. Проводились ли аккуратные записи о всех измерениях воздействий на рабочих, и регистрировались ли они? Да/нет, см. раздел 3.6.
11. Проводились ли адекватные мероприятия для снижения воздействия на тех рабочих, у которых это требовалось? Да/нет, см. Техническое приложение N.

Литература

- 0.1 **Leidel and KA Busch:** Statistical Methods for the Determination of Non-compliance with Occupational Health Standards. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. 75-159, Cincinnati, Ohio.
- 0.2 **Leidel NA, KA Busch and WE Crouse:** Exposure Measurement Action Level and Occupational Environmental Variability. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. (NIOSH) 76-131, Cincinnati, Ohio 45226, December 1975.
- 0.3 **Misaqi FL:** Application of Statistics to Radiation Surveys In Mines. Mining Enforcement and Safety Administration Informational Report 1020, Washington, DC 20240, 1975.

Глава 1.

Измерение воздействий загрязнённого воздуха на рабочих в производственных условиях - история вопроса.

1.1. Закон об охране труда 1970г.

Хотя первое профзаболевание было выявлено и зарегистрировано в 4 веке до Рождества Христова, но до 19 века для сбережения здоровья рабочих прилагалось мало усилий. В 1833г в Англии был принят закон о фабриках (*Factory Acts of Great Britain*). Хотя он в основном был направлен на (выплаты) компенсаций при несчастных случаях, а не на предотвращение и уменьшение их числа, этот закон считался первым эффективным законодательным актом, который требовал внимания к условиям работы сотрудников.

В США в 1908г был принят первый закон о компенсациях для определённых гражданских сотрудников. В 1911г были приняты аналогичные законы в штатах, а в 1948г во всех штатах были те или иные (законы) о компенсациях для рабочих. Но за последние десятилетие Федеральное законодательство сильно повлияло на охрану труда и технику безопасности американских рабочих. Закон об охране труда на шахтах (*Federal Coal Mine Health and Safety Act of 1969 (P.L. 91-173)*) был направлен на сохранение жизней и здоровья шахтёров и рабочих - не-шахтёров, которые работали с продукцией, добытой в угольных шахтах, и он был направлен на предотвращение профзаболеваний.

Закон об охране труда 1970г (*Occupational Safety and Health Act of 1970 (P.L. 91-596)*) - один из самых всеобъемлющих федеральных законов, так как он охватывает всех наёмных рабочих, работающих в коммерческих организациях и предприятиях - кроме тех, чья деятельность регулируется другими федеральными законами. В введении к этому закону сказано, что он предназначен для:

"Обеспечения безопасных и здоровых условий труда для работающих мужчин и женщин путём выполнения стандартов (*по охране труда и технике безопасности*), разработанных в соответствии с этим законом; за счёт помощи штатам в их усилиях по обеспечению безопасных и здоровых условий работы; за счёт проведения исследований, информирования, обучения и тренировок в области охраны труда и техники безопасности; и для других целей".

В соответствии с этим, закон устанавливает обязанности работодателя по обеспечению каждого рабочего условиями работы, при которых отсутствуют известные вредные и опасные производственные факторы, которые являются или могут являться причиной смерти или серьёзного повреждения здоровья, или обязательств работодателя по выполнению требований стандартов (*в области охраны труда и техники безопасности*), разработанных OSHA. Уже приняты судебные решения, определяющие обязанности работодателя, и трудно усомниться, что в конечном итоге ответственность за выполнение требований закона ляжет на работодателя. В неё входит определение того, имеются ли на рабочем месте опасные и вредные факторы; оценка степени опасности и - если требуется - проведение мероприятий для предотвращения профзаболеваний.

Но какие (именно) обязанности у работодателя в соответствии с этими законами? Он должен выполнять те стандарты по охране труда и технике безопасности, которые относятся к его деятельности, и выполняемой работе. Хотя в законе нет указаний об (оформлении) повесток в суд или о штрафах, практика добросовестного выполнения требований обязывает работодателя:

- a) Известить соответствующее уполномоченное лицо о том, что существуют определённые условия, которые могут стать причиной травмы или профзаболевания, и
- b) Изучить все требования к безопасности, обеспечить использование всех необходимых СИЗ, и выполнения мероприятий, разработанных для обеспечения безопасных и здоровых условий труда.

1.2. Федеральные стандарты по охране труда и технике безопасности (29 CFR 1910, Subpart Z)

Закон об охране труда и технике безопасности вступил в силу 28 апреля 1971г. Первые стандарты по охране труда, опубликованные Управлением по охране труда (OSHA) в Минтруда, были получены на основе имевшихся к этому времени Федеральных стандартов и национальных (согласованных / *consensus*) стандартов. Поэтому многие значения ПДК (TLV), разработанные ACGIH, вошли в состав федеральных стандартов, так как они до этого использовались с разработанных и действовавших ранее федеральных стандартах по охране труда. Также в состав (нового) федерального стандарта 29 CFR 1000 (таблица Z-2) включили ряд стандартов, разработанных Национальным институтом стандартов ANSI (так как эти стандарты считались национальными /*consensus*/ стандартами).

Законодательство, относящееся к токсичным и вредным веществам, сначала находилось в подчасти (Subpart) G (*Occupational Health and Environmental Control*) в 29 CFR часть 1910. Термин "29 CFR 1910" относится к трудовому законодательству (Заглавие / *Title* 29) Кодекса федеральных законов (*Code of Federal Regulations - CFR*), и эти документы можно получить у *Superintendent of Documents, US government Printing Office*⁶. 1910 – это часть 1910 Заглавия 29, и в ней находятся стандарты по охране труда. Большинство федеральных стандартов, регулирующих производственные воздействия токсичных веществ, находились в 29 CFR 1910.93 (Воздушные загрязнения), таблицы G-1, G-2 и G-3. 28 мая 1975г OSHA переместило стандарты по воздушным загрязнениям в подчасть Z (токсичные и вредные вещества). Два следующих параграфа являются модифицированным вариантом этого извещения (о изменении):

29 сентября 1974г в 39 FR 33844 OSHA известило о своём намерении разработать более полные стандарты (*по охране труда*) для всех (*вредных*) веществ, перечисленных в таблицах G-1, G-2 и G-3 из 29 CFR 1910.93. Ожидалось, что в результате будет дополнительно опубликовано около 400 стандартов по охране труда, регулирующих правила работы с токсичными веществами.

Законодательство, которое регулирует работу с токсичными веществами, находится сейчас в подчасти G части 1910. В этой подчасти есть несколько разделов, и в неё нельзя добавлять новые разделы без полной перемены их нумерации. Поэтому новые стандарты, регулирующие работу с каким-то конкретным вредным веществом, затем вставлялись после раздела 1910.93 путём добавления к этому номеру букв в конце, например: 1910.93a - Асбест, 1910.93b - Летучие соединения, получаемые из каменного угля (*Coal tar pitch volatiles*) и т. п.

Хотя такая нумерация была удовлетворительной, но она не подходила для большого числа разделов (стандартов по охране труда) из-за добавления сложных многобуквенных окончаний. Поэтому, так как OSHA собиралось разработать и опубликовать много стандартов по охране труда, регулирующих работу с токсичными веществами, такая система нумерации требовала изменения. Стандарты по охране труда из подчасти G части 1910 переместили в новую подчасть Z части 1910, начав с раздела 1910.1000. Это упростило обозначение стандартов по охране труда, регулирующих работу с вредными веществами, и позволило избежать возможной ненужной путаницы.

В приведённой ниже таблице показано, как изменилось обозначение стандартов при вышеописанном перемещении:

Старый номер (подчасть G)	Новый номер (подч. Z)	Вредное вещество
1910.93	1910.1000	Воздушные загрязнения
1910.93a	1910.1001	Асбест
1910.93b	1910.1002	Летучие соединения, получаемые из каменного угля
1910.93c	1910.1003	4-нитробифенил
1910.93d	1910.1004	Альфа-нафтиламин
1910.93e	1910.1005	4,4 '-метилен-бис (2-хлоранилин)
1910.93f	1910.1006	Хлорметил метиловый эфир
1910.93g	1910.1007	3,3'- дихлорбензидин (и его соли)

6 Сейчас эти документы - обновлённые - есть в интернет на сайте OSHA (www.osha.gov), например: 29 CFR 1000 : <https://www.osha.gov/law-regs.html>

1910.93h	1910.1008	бис(хлорметиловый) эфир
1910.93i	1910.1009	Бета-нафтиламин
1910.93j	1910.1010	Бензидин
1910.93k	1910.1011	4-Аминодифенил
1910.93l	1910.1012	Этиленимин
1910.93m	1910.1013	Бета-пропиолактон
1910.93n	1910.1014	2-Ацетиламинофлуорен
1910.93o	1910.1015	4-диметиламиноазобензол
1910.93p	1910.1016	N--нитрозодиметиламин
1910.93q	1910.1017	Винилхлорид

А таблицы G-1, G-2 и G-3 из 1910.93 (теперь - 1910.1000) стали таблицами Z-1, Z-2 и Z-3 соответственно. Ссылки на таблицы G-1, G-2 и G-3 были соответственно изменены.

29 CFR 1910 была издана как удобная книга (публикация OSHA 2206), и она содержит текущую информацию на 1 января 1976г.

1.3. Значения ПДК (TLV), установленные Американской ассоциацией государственных промышленных гигиенистов (ACGIH)

В промышленной гигиене для регулирования условий труда используется предположение, что для каждого вещества существует определённый уровень - безопасный или переносимый (концентрация), и что при воздействии (концентрации), меньшем этого уровня, не происходит значительного ухудшения здоровья. Эти уровни воспринимаются как предельно-допустимые (концентрации) ПДК (TLV). Но термин TLV также относится к предельно допустимым воздействиям, публикуемым ACGIH и ежегодно пересматриваемым и (при необходимости) обновляемым - чтобы новые значения учитывали вновь поступившую информацию (1-1). Эти значения обычно называют TLV, и их список (1-1) известен как "буклет TLV" (TLV Booklet). Периодически ACGIH публикует документацию о ПДК, где приводятся результаты и информация, которая использовалась для разработки этих значений для каждого из веществ (1-2). Эта информация выпускается для того, чтобы помочь промышленным гигиенистам принимать правильные и обоснованные решения при использовании TLV (ПДК).

В отношении TLV нужно отметить несколько важных моментов. Во-первых, термин TLV - защищён авторским правом, и принадлежит ACGIH. Он не должен использоваться, когда речь идёт об ограничениях, установленных федеральными или иными стандартами (по охране труда). Так как значения TLV обновляются каждый год, то всегда нужно использовать самые последние значения, опубликованные в "Буклете TLV". При ссылке на эти значения всегда нужно указывать год публикации, например: "TLV **1974г** для оксида азота равна 25 ppm". Во-вторых, ограничения TLV (ACGIH) не являются обязательными для выполнения - в отличие от федеральных стандартов по охране труда, или стандартов штатов. TLV ежегодно обновляется, и обычно отражает наиболее современные профессиональные рекомендации о (допустимых) воздействиях конкретных веществ на рабочего. Если TLV меньше ограничений стандарта штата, или федерального, то работодатель должен стремиться снизить воздействие на сотрудника до TLV - даже если воздействие не превышает ограничений федеральных стандартов или стандартов штатов.

Ниже приводится информация из *TLV Booklet* за 1976г (с разрешения ACGIH):

"Пороговые ограничивающие значения (TLV) относятся к концентрациям веществ в воздухе, и соответствуют условиям, которым - как считается - почти все рабочие могут подвергаться день за днём без негативных последствий. Из-за сильного разнообразия индивидуальной чувствительности, небольшая доля рабочих может чувствовать дискомфорт при воздействии вредных веществ при концентрации, меньшей или равной TLV, и у ещё меньшей доли рабочих могут возникнуть профзаболевания или ухудшение состояния здоровья ...

Средневзвешенные по времени концентрации допускают случаи воздействия при концентрации, большем TLV, если в течение рабочего дня это компенсировано эквивалентными воздействиями, меньшими TLV. В некоторых случаях может допускаться вычисление средних значений с учётом компенсации не за день, а за неделю. То, какое превышение TLV приемлемо, связано с величиной

TLV конкретного вещества (см. приложение D) (*имеется в виду приложение не к настоящему документу, а к упомянутому буклету*). Взаимосвязь TLV и допустимого превышения определяется с учётом накопленного опыта, и в некоторых случаях не может применяться. То, насколько TLV могут быть кратковременно превышены без вреда для здоровья, зависит от ряда факторов - свойств вещества, может ли воздействие при большой концентрации - кратковременное - привести к острому отравлению, является ли вредное воздействие "накопительным", как часто происходит воздействие при большой концентрации, и длительность периодов такого воздействия. При определении того, представляют ли такие условия опасность, нужно учитывать все факторы.

TLV устанавливаются на основе наилучшей доступной информации (исследования с участием людей и эксперименты на животных, опыт промышленности и - когда возможно - на их сочетании). При установлении TLV для разных веществ могут использоваться разные принципы. В одних случаях могут учитывать необходимость защиты здоровья, в других - отсутствие раздражения, наркотического воздействия, беспокойства и других негативных воздействий.

Для установления TLV для различных веществ имеется разный объём информации, и она различна. Поэтому точность установленных TLV - различна, и чтобы определить, на основании чего установлены TLV для данного вещества, нужно ознакомиться с соответствующей опубликованной документацией. Это позволит узнать, на основе какой информации принимали решение.

Комитет (который занимается TLV) считает, что те ограничения, которые установлены на основе появления физического раздражения, считаются менее жёсткими, чем те, которые установлены на основе повреждения здоровья. Увеличивается число свидетельств того, что физическое раздражение может вызвать, способствовать или усиливать ухудшение здоровья за счёт взаимодействия с другими химическими или биологическими воздействиями. Хотя считается, что маловероятно, что физическое повреждение здоровья может произойти при воздействии при концентрации, меньшей TLV, но лучше всего снижать загрязнённость воздуха настолько, насколько это возможно.

Эти ограничения предназначены для использования в промышленной гигиене, и они должны истолковываться и применяться только специалистами, имеющими подготовку в этой области. Они не предназначены для использования: 1) как относительный показатель вредности или токсичности (разных веществ), 2) при оценки или ограничении загрязнённости воздуха населённых мест раздражающими веществами (с неприятным запахом), 3) при оценке возможной токсичности при непрерывных, без промежутков, воздействиях, или при иных воздействиях увеличенной продолжительности, 4) как доказательство наличия профзаболевания или доказательство того, что заболевание - не профессиональное, 5) для использования (как ПДК) в странах, где условия работы отличаются от условий работы в США, и где отличаются используемые вещества и технологические процессы ..."

1.4. Стандарты по охране труда, предлагаемые OSHA

С января 1974г NIOSH и OSHA стали проводить объединённую программу разработки стандартов по охране труда (*NIOSH/OSHA Standards Completion Program SCP*). Федеральное законодательство [29 CFR 1910.1000, таблицы Z-1, Z-2 и Z-3, ранее - G-1, G-2 и G-3] устанавливает значения ПДК для ~400 вредных веществ. OSHA предложило доработать (эти) стандарты по охране труда [29 CFR 1910] так, чтобы - если всё получится - для каждого из этих химических веществ были разработаны подробные стандарты по охране труда, охватывавшие:

- 1) Измерение воздействия на рабочих.
- 2) Медобследование.
- 3) Способы выполнения требований.
- 4) Обращение с и использование жидких веществ.
- 5) Обучение сотрудников.
- 6) Хранение записей (о замерах загрязнённости воздуха и др.)
- 7) Санитарно-гигиенические мероприятия.

Такие стандарты стали публиковаться с сентября 1976г как предлагаемые (нормативные документы) в *Federal Register*, и ниже приводятся эти стандарты в хронологическом порядке:

8 мая 1975г - Кетоны (6), включая 2-бутанон, 2-пентанон, циклогексан, гексон, метил-н-амил кетон и этил бутил кетон.

3 октября 1975г - Свинец.

6 октября 1975г - Толуол.

8 октября 1975г - Общий стандарт для ряда веществ (11 шт.), включая: алкилбензолы(п-терт-бутилтолуол, кумола, этилбензол, альфа-метил стирола, стирол и винилтолуол); циклогексан, кетоны (камфара, мезитилоксид и 5-метил-3-гептанон); и озон.

9 октября 1975г - Асбест.

17 октября 1975г - Бериллий.

20 октября 1975г - Трихлорэтилен.

24 ноября 1975г - Диоксид серы.

25 ноября 1975г - Аммиак.

Как было сказано в предисловии, одна из главных целей настоящего руководства - подробно определить для работодателя цели и задачи установленных государством тех требований к измерению воздействия на рабочих, которые закреплены в законодательстве. Это руководство также содержит рекомендации - как выполнить установленные требования.

ВАЖНО ОТМЕТИТЬ, ЧТО НЕКОТОРЫЕ ПРОЦЕДУРЫ, ОПИСАННЫЕ В ЭТОМ РУКОВОДСТВЕ, ПРЕВЫШАЮТ (более строгие, чем) МИНИМАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, УСТАНОВЛЕННЫЕ СТАНДАРТАМИ (по охране труда), РАЗРАБОТАННЫЕ OSHA.

Конкретно: стандарты не требуют от работодателя, чтобы верхний доверительный предел средних воздействий на сотрудников был ниже соответствующей ПДК (PEL). В единственном случае, когда в законодательстве упоминается статистика, говорится о том, что используемый метод измерения должен соответствовать требованиям к точности с доверительной вероятностью 95%. Под методом измерений имеется в виду исключительно измерительное устройство (насос, используемый для прокачивания воздуха через фильтр; трубка с активированным углём или импинджер), и способ химического анализа, используемый для определения уловленного химического вещества.

Но мы думаем, что добросовестный работодатель захочет использовать статистические методы, описанные в главе 4. В таблице 1.1 также содержатся (ссылки на) разделы настоящего руководства, которые применимы в отношении определённых частей разработанного стандарта по охране труда при работе с 2-пентаном (опубликован 8 мая 1975г в Federal Register). Этот раздел практически совпадает с соответствующими разделами других стандартов по охране труда при работе с другими вредными веществами.

На Фиг. 1.1 приводится общая схема определения вредного воздействия на сотрудников, предлагаемая OSHA, и стратегия проведения измерений, соответствующая требованиям законодательства (таблица 1.1).

Таблица 1.1. Стандарт по охране труда (OSHA) при работе с 2-пентаном и соответствующие разделы настоящего руководства.

Раздел стандарта по охране труда	Раздел этого руководства
(a) Определения (a)(1) "Допустимое воздействие" - воздействие воздуха на рабочего, при загрязнённости воздуха 2-пентаном при концентрации не более 200 частей на миллион по объёму (ppm), или не более 700 мг/м ³ . Это - средняя по времени концентрация за восьмичасовую смену, как указано в 1910.93, таблица G-1.	-
(a)(2) "Уровень реагирования" (<i>action level</i>) – ½ от допустимого воздействия 2-пентана.	Приложение L
(b) Определение и измерение воздействия (b)(1) Каждый работодатель, у которого есть рабочие места, где происходит загрязнение воздуха 2-пентаном, должен определить, подвергается ли кто-нибудь из рабочих воздействию, превышающему уровень реагирования. Такое определение должно проводиться каждый раз, когда происходит измерение (выпускаемой) продукции, технологического процесса или технических средств защиты (вентиляции ...), которые могут привести к увеличению концентрации. (b)(2) О таком определении должна быть сделана запись, которая должна содержать, по крайней мере, следующую информацию:	Глава 2

<p>(b)(2)(i) Всю информацию, вычисления или наблюдения, которые могут показывать, что происходит воздействие 2-пентана на сотрудника.</p> <p>(b)(2)(ii) Любые замеры концентрации 2-пентана.</p> <p>(b)(2)(iii) Любые жалобы рабочих на симптомы, которые могут быть вызваны воздействием 2-пентана.</p> <p>(b)(2)(iv) Дата проведения определения, выполняемая (в это время) работа, положение на рабочем месте, ФИО рабочего (рабочих), номер его(их) страхового полиса.</p>									
<p>(b)(3) Если работодатель определит, что воздействие 2-пентана на какого-нибудь рабочего превышает уровень реагирования, то нужно провести измерение воздействия на каждого рабочего на каждом рабочем месте, где/у кого, как считается, воздействие (должно быть) самое большое. Эти измерения должны проводиться так, чтобы определить среднесменное воздействие за 8 часов.</p>	Раздел 3.1								
<p>(b)(4) Если измерения, проведённые в соответствии с параграфом (b)(3) этого стандарта покажут, что воздействие на рабочего равно или превышает уровень реагирования, то работодатель должен:</p>	-								
<p>(b)(4)(i) Выявить всех рабочих, которые могут подвергаться воздействию, превышающему уровень реагирования.</p> <p>(b)(4)(ii) Измерить воздействие на всех таких рабочих.</p>	Глава 3								
<p>(b)(5) Если измерение воздействий на рабочих покажет, что оно равно или превышает уровень реагирования, но не превышает ПДК(PEL), то работодатель обязан измерять воздействие не реже одного раза за 2 месяца.</p> <p>(b)(6) Если измерения воздействия 2-пентана на рабочего покажут, что оно выше ПДК (PEL), то работодатель обязан:</p>	Глава 4								
<p>(b)(6)(i) Измерять воздействие на такого рабочего ежемесячно.</p> <p>(b)(6)(ii) Использовать (технические) средства снижения воздействия согласно параграфу (d) этого стандарта.</p>	Глава 3								
<p>(b)(6)(iii) В течение 5 дней в письменном виде индивидуально известить каждого рабочего, воздействие 2-пентана на которого превышает ПДК (PEL) (по результатам измерений) о превышении ПДК. Также работодатель обязан проинформировать каждого рабочего о мерах, принятых для уменьшения воздействия до величины, меньшей или равной ПДК.</p> <p>(b)(7) Если два последовательных замера воздействия на рабочих, сделанные по крайней мере с интервалом 1 неделю (<i>или больше - taken at least one week apart</i>) покажут, что воздействие 2-пентана ниже уровня реагирования, то работодатель может прекратить проводить измерения на этого рабочего.</p> <p>(b)(8) В этом параграфе под воздействием на рабочего имеется в виду такое воздействие, которое произойдёт, если рабочий не будет использовать респиратор.</p>	-								
<p>(c) Методы измерения</p> <p>(c)(1) Для измерения воздействия на рабочего должно использоваться любое сочетание длительных или кратковременных отборов проб воздуха, которое позволяет определить реальное характерное среднесменное воздействие на рабочего за 8 часов (см. приложение В(IV) этого раздела <u>стандарта по охране труда</u> (<i>а не настоящего документа !</i>), где рекомендуются способы измерения).</p> <p>Точность методов измерения с 95% вероятностью, должна быть не меньше значений, указанных в таблице 1:</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;"><u>Таблица 1</u></p> <table data-bbox="67 1926 1289 2087"> <thead> <tr> <th>Концентрация С</th> <th>Требуемая точность</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>С выше ПДК(PEL)</td> <td>±25%</td> </tr> <tr> <td>С выше уровня реагирования, но С равна или ниже ПДК(PEL)</td> <td>±35%</td> </tr> <tr> <td>С равна или ниже уровня реагирования</td> <td>±50%</td> </tr> </tbody> </table>	Концентрация С	Требуемая точность	С выше ПДК(PEL)	±25%	С выше уровня реагирования, но С равна или ниже ПДК(PEL)	±35%	С равна или ниже уровня реагирования	±50%	Приложение D
Концентрация С	Требуемая точность								
С выше ПДК(PEL)	±25%								
С выше уровня реагирования, но С равна или ниже ПДК(PEL)	±35%								
С равна или ниже уровня реагирования	±50%								

1.5. Статистика и измерение вредных производственных воздействий

Одна из наиболее важных целей любой из программ промышленной гигиены - точно определить воздействие воздушных загрязнений на рабочего, и - когда это необходимо - с помощью измерения воздействия. Поскольку такие измерения неизбежно содержат некоторую случайную погрешность, то нужно использовать (статистические методы). То есть, из-за случайных ошибок измерений, любое среднее вычисленное значение результатов измерений на сотрудника является всего лишь оценкой реального воздействия. В этом разделе обсуждается несколько статистических подходов, используемых при обработке результатов измерений производственных воздействий. Затем будут тщательно разобраны источники, причины непостоянства результатов измерений.

Перед тем, как ознакомиться со статистической терминологией, нужно ответить на важный вопрос: "Почему специалист по промышленной гигиене должен использовать статистику?". Просто из-за того, что измерения содержат погрешность? Приведёт ли использование статистики к ненужности профессионализма в области промышленной гигиены? Вовсе нет! Во-первых, (нужно) осознать, понять, что статистика используется во всех областях деятельности, где проводятся измерения, анализируются их результаты и - что наиболее важно - на основе анализа результатов измерений принимаются решения. Snedecor and Cochren (1-3) заявили:

"У статистики нет (одной) волшебной формулы для всех (разнообразных) случаев, и для принятия правильного и обоснованного решения нужно серьёзно изучить проблему. Но главная цель статистики - помочь нам правильно понять проблему, и обеспечить нас указаниями - что требуется для получения правильной и обоснованной оценки, и для получения (тех) многих выводов, которые не имеют логического обоснования."

Можно перефразировать Armitage (1-4) - в отношении причин правильного использования статистических методов. Непостоянство (результатов) измерений производственных воздействий является доводом в пользу (проведения) статистической (обработки) результатов измерений, а не против использования статистики. Если промышленный гигиенист обнаружит, что воздействие ниже допустимого, то это не означает, что оно ниже допустимого во всех случаях. Специалисту нужна статистическая информация показывающая, что воздействие достаточно низкое - в большинстве случаев. Вероятно, тот "профессиональный опыт", на который часто ссылаются при оценке результатов измерений - это, отчасти, просто статистические сопоставления, проводившиеся в течение периода работы. Спорный вопрос - должна ли эта информация храниться в голове специалиста (не зарегистрированная), или она должна систематично собираться и регистрироваться? Очень немногие промышленные гигиенисты смогли, благодаря накопленному личному опыту, научиться правильно обрабатывать всю возможную информацию о производственных воздействиях, и они могут это делать отчасти благодаря сбору, анализу и публикации статистической информации, которая собирает накопленные знания. Теперь перейдём к терминологии, используемой при применении статистических методов.

Статистическая популяция - весь класс случаев (*item*), в отношении которого делается заключение (вывод). Обычно невозможно или неудобно проводить измерения во всех случаях (когда происходит воздействие). Поэтому обычно измерения проводятся в нескольких случаях, которые являются статистической выборкой из всей популяции (всех возможных случаев). Результаты, полученные для выборки, переносят/обобщают на всю популяцию, чтобы можно было сделать выводы/заключение обо всей популяции. После проведения измерений в статистической выборке результаты могут быть ранжированы - разделены на группы со схожими значениями - в таблице или графически. Это подразумевает, что результаты измерений имеют какое-то распределение.

На следующем шаге обработки результатов определяется, какие значения встречаются наиболее часто. Для определения таких значений есть несколько статистических показателей. Используются средние арифметические и средние геометрические значения, а методы их вычисления приводятся в главе 4. Далее определяется, как результаты измерений распределены по отношению к этому среднему значению. Для определения изменчивости/рассеивания результатов есть несколько показателей. Используют стандартное отклонение, стандартное геометрическое отклонение, коэффициент изменчивости (или относительное стандартное отклонение). Методы вычисления приводятся в главе 4.

В этом руководстве слово "**sample**" используется и для обозначения отбора **проб** воздуха для определения его загрязнённости, и для обозначения статистической выборки, что (*на английском языке*) может привести к путанице.

Для отбора проб воздуха его определённый объём прокачивается через аэрозольный фильтр, трубку с сорбентом или импинджер, или другое устройство для улавливания воздушных загрязнений. А

Таблица 1.2. Статистические популяции при измерении производственных воздействий

Пример популяции	Способ определения воздействия	Показатель среднего значения	Показатель непостоянства	Самый подходящий закон распределения
Значения средних за 1 смену концентраций воздушных загрязнений, воздействующих на рабочего	Серия кратковременных замеров в течение 8-часовой смены	(a) Среднее арифметическое (за 8 часов) (b) Среднее геометрическое	Геом. стандартн. отклонение (значения в один день)	Логарифмически-нормальное распределение
Среднесменные воздействия на рабочих, измеренные в разные дни	Группа средних за день воздействий	(a) Среднее геометрическое за длительный интервал (b) Среднее арифметическое за длительный интервал	Геометрическое стандартное отклонение	Логарифмически-нормальное распределение
Средние за смену воздействия на рабочих, измеренные у группы рабочих за 1 день	Результаты измерений средних за день воздействий у нескольких рабочих из группы.	(a) Среднее геометрическое для группы (b) Среднее арифметическое для группы	Геометрическое стандартное отклонение	Логарифмически-нормальное распределение
Многократный анализ отобранных загрязнений	Повторные анализы одного образца	Среднее арифметическое результатов измерений	Коэффициент изменчивости аналитического метода	Нормальное распределение
Многократные измерения калибровочной постоянной концентрации с помощью конкретного оборудования и способа анализа	Несколько трубок с активированным углём, подвергавшихся воздействию при калибровочной концентрации	Среднее арифметическое результатов измерений	Коэффициент изменчивости методов отбора проб и анализа	Нормальное распределение

Случайное непостоянство концентраций загрязнений в течение дня, и случайное непостоянство средних за день концентраций при их сравнении за разные дни, в первую очередь вызвано, скорее всего, физическим процессом, приводящим к загрязнению воздуха, и особенностями поведения рабочего при выполнении работы (в разных местах и в разное время). Нет причин считать, что это непостоянство зависит от химических свойств вещества, загрязняющего воздух, но вероятно, что это непостоянство зависит от физического состояния загрязнений (пыль, туман или газ).

Важно отметить, что случайное изменение концентрации загрязнений на предприятии может значительно превышать случайную погрешность большинства способов отбора проб (часто - в 10-20 раз). На Фиг. 1.2 показано изменение концентрации угарного газа СО в производственных условиях. Измерения проводились непрерывно, и записывались на ленту самописца. Вертикальные линии проведены через каждые 15 минут. Измеренная изменчивость самого прибора (коэффициент изменчивости) - около 3%. Таким образом, для любого момента времени 95% доверительные пределы результатов измерения концентрации составляют примерно $\pm 6\%$ от измеренной концентрации. В главе 4 это описано более подробно.

При проведении серии измерений систематические погрешности могут или оставаться постоянными (из-за неправильной калибровки приборов), или резко изменяться из-за изменения технологического производственного процесса. С помощью статистических методов систематические погрешности учесть нельзя. Если они были обнаружены при проведении измерений, то нужно сначала откорректировать результаты измерений, а уже потом проводить их статистический анализ. Но много раз они оставались не обнаруженными, и это делало изменчивость результатов измерений гораздо большей, чем при наличии только ожидаемый случайных погрешностей и непостоянства. Со статистической точки зрения, систематическая погрешность (или изменение среднего значения результатов серии измерений) создают вторую популяцию, у которой другое среднее значение. Если систематическое изменение остаётся не обнаруженным, то две такие популяции анализируются как одна, что значительно увеличивает изменчивость. Статистические методы, описанные в этом руководстве, не обнаруживают, и не позволяют анализировать очень неточные результаты, возникшие из-за систематических погрешностей или ошибок. Для уменьшения систематических погрешностей нужно уделять больше внимания технике проведения измерений, а не статистической обработке их результатов.

Систематические измерения концентрации воздушных загрязнений, воздействующих на рабочего, могут происходить из-за:

- 1) Перемещения рабочего в разные места работы (с разной концентрацией загрязнений).
- 2) Открывания/закрывания дверей и окон помещения (цеха и т. д.).
- 3) Изменения эффективности технических средств снижения загрязнённости воздуха (засорение вентиляционных воздуховодов пылью и т. п.).
- 4) Изменения технологического процесса или поведения рабочего во время работы.

Фиг. 1.2 Результаты измерения концентрации монооксида углерода CO - пример непостоянства концентрации воздушных загрязнений. Диапазон измерения концентрации - 1 - 100 ppm

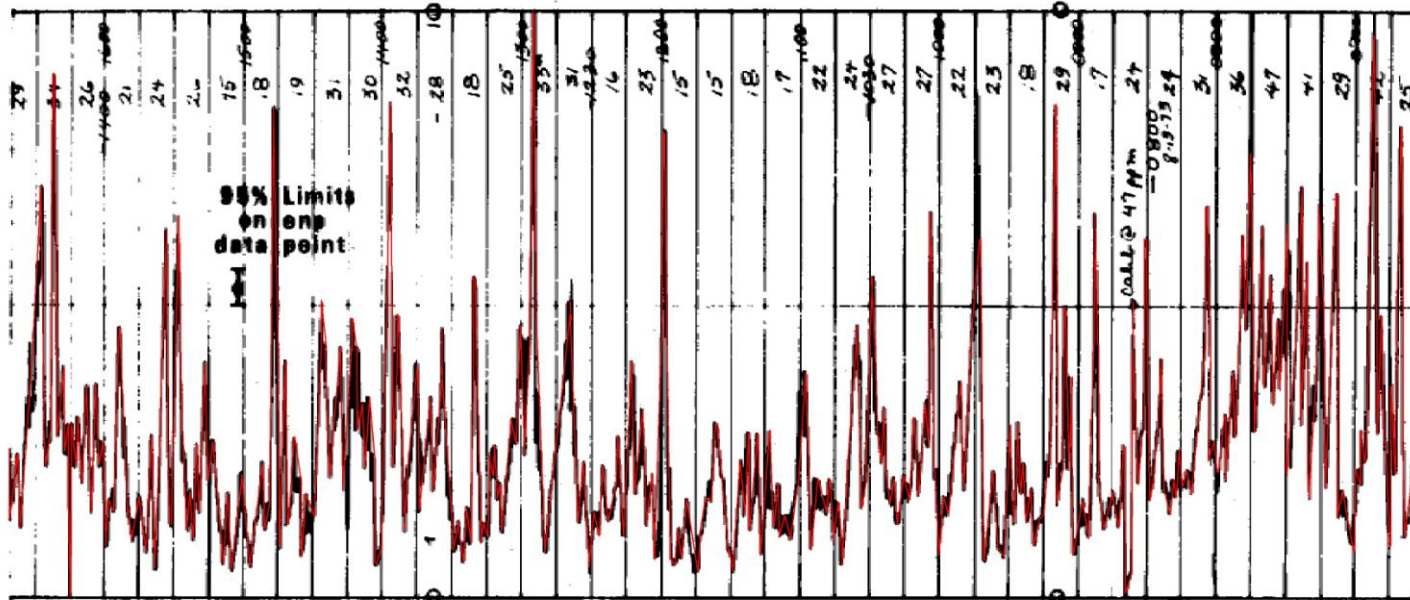


Figure 1.2. Actual industrial hygiene data showing intraday environmental fluctuations. Range of carbon monoxide data on chart is 0 to 100 ppm.

Диапазон измерения концентрации: 1 - 100 ppm

Одна из самых важных причин проведения периодических измерений воздействий на рабочего каждые несколько месяцев - выявление систематических долгосрочных изменений воздействия, или тенденций. Другая (причина) - более точное определение изменчивости воздействия в течение длительных периодов, но (эта причина) - не главная. Периодические измерения - один из наиболее продуктивных способов определения опасных изменений вредного воздействия, или (выявления того, что) достигнут опасный уровень.

1.6. Статистика и выполнение требований законодательства

Чтобы наиболее адекватно обеспечить (насколько это возможно) чтобы у рабочих не возникали профзаболевания и/или инвалидность, в США установлены ограничения вредного воздействия (29 CFR 1910 подчасть Z), обязательные для выполнения (работодателем). В связи с наличием этих требований государство должно принимать меры для их выполнения. Dunkan (1-5) определил такие мероприятия как все действия, проводимые государственными органами для достижения желаемого уровня качества. Для OSHA, согласно закону об охране труда 1970г, эти шаги включают рассмотрение дел в суде, техническую оценку и рекомендуемые добровольные программы выполнения требований.

Самый простой юридически-правовой подход к выполнению этих требований выглядит так: Разрабатывается способ отбора проб и их анализа для определения воздействия на рабочего (рабочих). Его используют для определения воздействия на рабочих. Если измеренное воздействие превышает установленное ограничение, то это считается нарушением законодательства. Такой упрощённый подход не учитывает количество и длительность измерений, и случайные отклонения при отборе проб и при их анализе. Также не учитывается, сколько нужно сделать измерений (государственному инспектору или работодателю) для получения требуемой эффективности программы измерений.

Например, если инспектор обнаружит, что средняя концентрация (загрязнений) в воздухе при проведении 5 замеров в течение всей смены составляет 105 ppm, а стандарт ограничивает её 100 ppm, то

с чисто юридической точки зрения инспектор обязан оформить повестку в суд. Предположим, что повестка будет оспорена, и инспектора спросят - уверен ли он, что результаты его измерений показывают, что произошло нарушение стандарта. Если инспектор осведомлён о статистике, которая легла в основу отбора проб воздуха, он (по закону) ответит "Да", но на самом деле - "Я не знаю". Поэтому важно, чтобы проведение измерений производственных воздействий проводилось с помощью статистически-обоснованных планов измерений, и чтобы решения принимались со статистическим обоснованием - чтобы результаты измерений статистически обоснованно показывали, происходит ли нарушение требований законодательства.

Tomlinson (1-6) в 1957г в английских угольных шахтах для определения того, выполняются ли требования, использовал идею (проведения) последовательных проверок концентраций загрязнений. Он отметил большое непостоянство средних концентраций пыли как в течение смены, так и средних концентраций за смену (при сравнении разных смен). Roach (1-7, 1-8) для определения того, выполняются ли установленные ограничения воздействия, использовал идею применения верхнего доверительного предела для средних арифметических значений у серии кратковременных замеров. Но он предполагал, что значения измеряемой величины соответствуют нормальному распределению, в то время как правильнее предполагать, что они соответствуют логарифмически-нормальному распределению. Roach сделал очень важное замечание - что любые измерения, вне зависимости от качества их проведения, являются всего лишь оценкой реальной средней концентрации в производственных условиях.

Впервые предложение использовать статистику было сделано NIOSH для определения выполнения требований, ограничивающих воздействие СО (1-9). К сожалению, предложенный способ обработки результатов серии кратковременных замеров основывался на предположении о нормальном распределении результатов измерений, и он был неподходящим.

В Федеральном законодательстве (*Federal regulations*) есть прецедент, когда статистические методы включались в стандарты по охране труда и по выпуску продукции. Эти методы давались и для программ проверки государственными инспекторами, и для программ наблюдения, проводимых частными компаниями. В несколько стандартов (по продукции) комиссия *Consumer Product Safety Commission* (CPSC) включила очень конкретные планы отбора проб и принятия решений. Стандарт по горючести матрасов (FF 4-72 *Flammability Standard for Mattresses*) (1-10) даёт подробные указания (требования), относящиеся к программе выполнения установленных требований изготовителем, и он позволяет промышленности предложить альтернативные планы отбора проб. Комиссия считает, что (выполнение) этих планов защитит людей от чрезмерного риска, и что они обоснованы, технологически достижимы и приемлемы. Поставленными целями является выполнение всех планов отбора проб и принятия решений. Комиссия учитывает нагрузку на контролирующие государственные органы по выявлению нарушений, и (требует) показать наличие нарушения с (заданной) высокой степенью вероятности. Комиссия включила план последовательного отбора проб при проверке (веществ), раздражающих глаза (16 CFR 1500.42) (1-11) и таблицу для размера партии, размера выборки и доли негативных результатов для треснувших шаров в 16 CFR 1500.86 (1-12).

Минздрав США разработал стандарт для питьевой воды (42 CFR 72, подчасть J) в котором определена минимальная частота отбора проб и порядок принятия решений. Стандарт Министерства продовольствия и медикаментов (FDA) по очкам (прочность при ударе 21 CFR 3.84) указывает, что изготовитель должен проверять статистически-значимое количество линз из каждой изготовленной партии.

В области промышленной гигиены, NIOSH требует, чтобы изготовители сертифицированных индикаторных трубок для разных газов обязательно проводили программу контроля качества, во многих отношениях схожей с описанной в MIL-Q9858A (Требования к программе контроля качества), но добавляют требование - использовать план отбора образцов из MIL-STD-105D или MIL-STD-414. Процедуры сертификации в NIOSH отчасти основаны на использовании этих систем отбора образцов. Также институт предлагает использовать схожие программы контроля качества изготовителям СИЗ (42 CFR 83) и шумомеров (42 CFR 82).

Агентство по охране окружающей среды (EPA) не включает статистические методы для анализа результатов измерения загрязнённости воздуха в свои нормативные документы, и не делает ссылки на них. Но Larsen (из EPA) обсуждает эту проблему в техническом отчёте EPA (1-13). Рассел Трэйн, директор EPA, выразил желание, чтобы в стандартах по охране окружающей среды использовались стандартные статистические методы для определения достоверности/значимости результатов измерений

(1-14). Он считает, что при определении загрязнённости окружающей среды должен использоваться метод статистического контроля качества.

В статье (1-15) ставится под сомнение точность результатов измерений загрязнённости воздуха с помощью шкалы Рингельмана, проводимая одним наблюдателем. Сделан вывод, что низкая точность не позволяет точно выполнить проверку соблюдения требований законодательства, когда его требования строгие. Приводится таблица вероятности (выдачи) повестки в суд (при нарушении требований) (%) для зависимости реальной плотности дыма от максимальной возможной плотности. Большая часть таких статей, основанных на статистике, будет, вероятно, опубликована как (обсуждение) статистических аспектов выполнения ограничений загрязнённости воздуха.

Нужно подчеркнуть, что разработанные OSHA стандарты по охране труда (1.4), обязательные для выполнения работодателем, не требуют⁷ от него использования статистических методов из главы 4 этого руководства при принятии решений о измерении воздействия на сотрудников. Но считается, что добросовестный работодатель захочет использовать эти методы для дополнительной защиты своих рабочих. OSHA рассматривает включение этих статистических методов в свои (документы, определяющие порядок) выявления нарушения требований.

Наконец, считается, что статистические методы будут чаще использоваться в судебных делах, затрагивающих измерения загрязнённости (воздуха): статья (1-16) рассматривает практические аспекты использования статистики в судах, а статья (1-17) обсуждает применение статистики для определения нарушений ограничений Федерального стандарта по воздействию угольной пыли.

Ссылки

1-1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: TLVss – Threshold Limit Values for Chemical Substances in the Workroom Environment with Intended Changes. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, P.O. Box 1937, Cincinnati, Ohio 45201, published annually.

1-2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Documentation of the Threshold Limit Values for Substances in Workroom Air. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, P.O. Box 1937, Cincinnati, Ohio 45201, published annually.

1-3. Snedecor GW and WG Cochran: Statistical Methods. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, p.3, 1967.

1-4. Armitage P.: Statistical Methods in Medical Research. John Wiley and Sons, New York, NY, p. 2, 1971.

1-5. Duncan AJ: Enforcement of Government Mandatory Product Standards. ASTM Standardization News, 2(4):12-15, 1974.

1-6. Tomlinson RC: Simple Sequential Procedure to test Whether Average Conditions Achieve a Certain Standard. Applied Statistics, 6:198-207, 1957.

1-7. Roach SA: Testing Compliance with the ACGIH Threshold Limit Values for Respirable Dusts Evaluated by Count. Transactions of American Conference of Governmental Industrial Hygienists, pp. 27-29, 1966.

1-8. Roach SA, EF Baier, HE Ayer and RL Harris: Testing Compliance with Threshold Limit Values for Respirable Dusts. American Industrial Hygiene Association Journal, 23:74-82, 1967.

1-9. US Department of Health, Education and Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health: Occupational Exposure to Carbon Monoxide. NIOSH HSM 73-1100, VIII-2. GPO No 1733-00006, 1972.

1-10. Federal Register. 38 (No. 110), 15095-15100, June 8, 1973.

1-11. Federal Register. 38 (No. 187), 27019, September 27, 1973.

1-12. Federal Register. 38 (No. 187), 27027, September 27, 1973.

1-13. Larsen RI: A Mathematical Model for Relating Air Quality Measurements to Air Quality Standards. US Environmental Protection Agency. AP-89, 1971.

1-14. Train RE: The Need for Sound Standards for Environmental Improvement. Remarks given before the National Conference of Standards for Environmental Improvement, Washington, DC, February 20, 1974.

1-15. Smoke Readings Vary with Observers. Electrical World, January 15, 1971.

1-16. Katz L: Presentation of a Confidence Interval Estimate As Evidence in a Legal Proceeding. American Statistician, 29(4):138-142, 1975.

1-17. Corn M: Remarks on Determination of Non-compliance with the Respirable Dust Standard, Federal Coal Mine Health and Safety Act of 1969. American Industrial Hygiene Association Journal, 36:404-407, 1975.

⁷ Сейчас инструкция для государственных (OSHA) инспекторов по охране труда описывает порядок выполнения проверки - измерения загрязнённости вдыхаемого воздуха - именно так, как описано в этом руководстве. Поэтому, хотя работодатель напрямую не обязан использовать описанные здесь методы, но проверка того, выполняет ли он требования (ограничения загрязнённости), будет проводиться в соответствии с ними.

Литература, рекомендуемая для чтения к Главе 1

Стандарты ANSI (1430 Broadway, New York, NY 10018):

Benzene (Z37.4-1969)

Beryllium and beryllium compounds (Z37.5-1970)

Cadmium dust (as Cd) (Z37.5-1970)

Carbon disulfide (Z37.3-1968)

Carbon tetrachloride (Z37.17-1967)

Ethylene dibromide (Z37.31-1970)

Ethylene dichloride (Z37.21-1969)

Formaldehyde (Z37.16-1967)

Hydrogen fluoride (Z37.28-1969)

Fluoride as dust (Z37.28-1968)

Lead and its inorganic compounds (Z37.11-1969)

Methyl chloride (Z37.18-1969)

Methylene chloride (Z37.23-1969)

Organo(alkyl)mercury (Z37.30-1969)

Styrene (Z37.12-1969)

Tetrachloroethylene (Z37.22-1967)

Toluene (Z37.12-1967)

Hydrogen sulfide (Z37.2-1968)

Mercury (Z37.8-1971)

Эти стандарты (в современной редакции) есть на сайте www.osha.gov → Regulations 29 CFR 1910 ...

US Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health: Registry of Toxic Effects of Chemical Substances. Superintendent of Documents, US Governmental Printing Office, Washington, DC 20402, published annually.

US Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health: Suspected Carcinogens. Superintendent of Documents, US Governmental Printing Office, Washington, DC 20402, published annually.

Maroney MJ: Facts From Figures. A good introduction to the practical application of statistics. Penguin Books, Baltimore, Md, 1951.

Natrella MG: Experimental Statistics. National Bureau of Standards Handbook 91. Governmental Printing Office, Washington, DC 20402, 1963.

Глава 2

Определение необходимости проведения измерений производственных воздействий

Стандарты OSHA по охране труда, рассмотренные в 1.4, для тех предприятий, где соответствующие вредные вещества попадают в воздух, требуют от работодателя проводить определение (их) воздействия, и записывать результат. Это определение - оценка того, может ли какой-нибудь сотрудник подвергаться вредному воздействию, превышающему уровень реагирования. Такое определение и запись о его результатах должны проводиться и в том случае, если результат негативный, то есть - если выяснится, что вероятность воздействия на любого рабочего (превышающая уровень реагирования), очень низкая. Такое определение - первый шаг в программе мониторинга воздействий на рабочих, который сводит к минимуму затраты работодателя, и обеспечивает адекватную защиту рабочих. Только если результат определения положителен (то есть - показывает, что воздействие на рабочего может превысить уровень реагирования), работодатель обязан определять воздействие на рабочего, (то есть - проводить измерения концентрации воздушных загрязнений), как описано в главе 3. В техническом приложении L приводится обсуждение (необходимости использования) уровня реагирования.

Работодатель обязан рассмотреть соответствующую подходящую информацию - от страховых компаний, торговых объединений и поставщиков (токсичных веществ). В тех местах, где вредные вещества используются в разных производственных ситуациях, такое определение должно проводиться для каждой ситуации, и записываться. Например, если на предприятии токсичное вещество используется в глубокой ёмкости, и при окраске распылением, то определение должно проводиться для каждой из этих операций - и записываться.

Наконец, при каждом изменении выпускаемой продукции, технологического процесса или (технических и организационных) средств снижения вредного воздействия, которое может увеличить концентрацию загрязнений (этого вредного вещества), должно проводиться новое определение - и тоже записываться. Но это требование выполняется только в том случае, если при первоначальном определении не рассматривали такие изменения. Поэтому первое определение может учитывать (и это записывается) диапазон ожидаемых значений параметров, для которых определение воздействия даёт положительный или отрицательный результат (в отношении превышения уровня реагирования). Также, проведение отдельного определения не означает (и не требует), что оно должно записываться на отдельном листе бумаги. На одном листе могут рассматриваться несколько случаев, несколько операций, несколько химических веществ и относящиеся к ним диапазоны значений производственных параметров, для которых проводится определение. В следующих разделах этой главы даются указания, которые можно учитывать при проведении определения.

2.1. Физическое состояние воздушных производственных загрязнений

Воздушные загрязнения могут находиться в воздухе как аэрозоли - твёрдые или жидкие частицы; как газы, или как сочетание газов и частиц. Чаще всего для классификации воздушных загрязнений используют их физическое состояние и физиологическое воздействие на организм человека. Знание такой классификации необходимо не только с той точки зрения - как они воздействуют на рабочего, но и для правильной оценки производственных условий, и чтобы использовать правильные способы измерения загрязнённости. Также нужно учитывать, каким путём вредные вещества попадают в организм, и их действие на него.

2.1.1 Газы

По определению, газы - это не имеющая формы подвижная среда. Газы могут переходить в твёрдое или жидкое состояние только при одновременном увеличении давления и уменьшении температуры. Примеры: угарный газ CO, фтор, сероводород, хлор. Газы состоят из частиц - молекул.

2.1.2. Пары

Пары - это вещества в газообразном состоянии, которые в нормальных условиях (температура и давление) находятся в твёрдом или жидком состоянии. Они могут сконденсироваться в это состояние, если снизится температура, или если увеличится давление. Примеры: пары трихлорэтилена, четырёххлористого углерода, ртути. Они состоят из частиц - молекул.

2.1.3. Пыль

В промышленности термин "пыль" используют для описания твёрдых частиц размером (диаметром) от 0.1 до 25 мкм⁸. Пыль образуется при физических процессах (например - дробление, шлифование твёрдых материалов). Примеры - пыль асбеста, кварца, свинца.

2.1.4. Дым

Дымом называют твёрдые частицы, образующиеся при конденсации вещества из газообразного состояния - обычно после испарения из жидкого (расплавленного) состояния. Часто образование дыма сопровождается химической реакцией (например - окислением). Примеры: дым оксида свинца, оксида железа. Газы и пары - это не дым. Обычно размер частиц дыма от 0.01 до 5 мкм.

2.1.5. Туман

Туман - это жидкие частицы, находящиеся в воздухе, и образующиеся при конденсации газов в жидкое состояние, вспенивании или при распылении жидкости. Примеры: масляный туман при резке и шлифовании, туман кислоты при нанесении гальванических покрытий, туман пестицидов при их распылении.

2.2 Физиологическая классификация токсического воздействия

2.2.1. Раздражающие вещества

Раздражающие вещества оказывают едкое, разъедающее воздействие. При их воздействии концентрация гораздо важнее продолжительности воздействия. Примеры раздражающих веществ, которые воздействуют, в основном, на верхние дыхательные пути - альдегиды, туман и пыль со щелочными свойствами, туманы кислот и аммиака. Вещества, которые влияют одновременно и на верхние дыхательные пути, и на лёгочные ткани - хлор, бром и озон. Вещества, которые влияют на окончания воздушных каналов органов дыхания - диоксид азота, фосген. Эти вещества также раздражают кожу.

2.2.2. Удушающие отравляющие вещества

Эти вещества воздействуют на организм, влияя на оксигенацию (насыщение кислородом) тканей. Обычно их делят на два класса: простые удушающие вещества, и химические удушающие вещества.

Простые удушающие вещества - это физиологически инертные газы, из-за присутствия которых концентрация кислорода в воздухе снижается ниже предела, необходимого для поддержания жизни. Примеры: метан, этан, водород, гелий.

Химические удушающие вещества воздействуют на организм химически, или препятствуя попаданию кислорода в кровь и его перемещению, или мешая нормальному насыщению тканей кислородом. Примеры: СО, цианистый водород, нитробензол.

2.2.3. Наркотические и обезболивающие вещества

Эти вещества действуют на организм как обезболивающие, подавляя реакцию центральной нервной системы. Примеры: ацетилен, этилен и этиловый эфир.

2.2.4. Системные токсичные вещества (*systemic poisons*)

Эти вещества повреждают конкретные органы или системы организма. Галогенированные углеводороды - такие, как четырёххлористый углерод - печень и почки, а фенол - кроветворящую систему. Примеры веществ, действующих на нервную систему: дисульфид углерода, метиловый спирт, тетраэтилсвинец и фосфорорганические инсектициды. Свинец, ртуть и марганец - системные токсичные вещества.

8 1 мкм = 10⁻³ мм

2.2.5. Химические канцерогенные вещества

Эти вещества показали свою способность приводить к образованию опухолей у млекопитающих. Они могут вызвать образование таких опухолей, которые обычно не встречаются, или увеличить скорость образования опухолей (по сравнению с ожидаемой). В некоторых случаях между началом воздействия и появлением опухоли проходит 20-30 лет.

2.2.6. Вещества, воздействие которых приводит к образованию рубцов в лёгких

Эти вещества - аэрозоли, отличающиеся от системных токсичных веществ. Они медленно повреждают лёгкие. Такой эффект также даёт хроническое воздействие раздражающих веществ. Фиброз возникает при воздействии пыли кристаллического кварца и асбеста. Другие виды пыли (например - угольная) могут вызвать пневмокониоз, который долгое время вызывает беспокойство при добыче полезных ископаемых.

2.2.7. Химические тератогенные вещества

Воздействие этих веществ приводит к порокам развития клеток, тканей или органов эмбриона. Это может привести к задержке роста или дегенеративным токсическим эффектам, схожим с теми, которые наблюдаются после родов.

2.3. Пути попадания вредных веществ в организм и интенсивность воздействия

Вредные вещества попадают в организм тремя путями:

- 1) При поглощении через кожу.
- 2) При съедании (через пищеварительную систему).
- 3) При вдыхании (через органы дыхания).

Поскольку организму постоянно нуждается в кислороде, и поскольку в органах дыхания воздух очень "близко" контактирует с кровеносной системой, то органы дыхания являются основным путём попадания в организм воздушных загрязнений.

Воздействие на организм при вдыхании частиц сильно зависит от их размера. Как показано на Фиг. 2.1, размер частиц типичных аэрозолей - от <0.01 до >25 мкм. Как считается, диаметр частиц, которые наиболее опасны для здоровья < 10 мкм. Это связано с тем, что большие частицы (особенно те, которые больше 10 мкм) хорошо улавливаются в верхних дыхательных путях. А частицы размеров до ~ 0.5 мкм (например - дым) проникают глубже, но обычно улавливаются слизистым покровом дыхательных путей. Частицы <0.5 мкм могут достичь стенок альвеол лёгких. В этом случае лёгкие наиболее сильно уязвимы.

По скорости наступления последствий воздействия токсичных веществ обычно различают острое и хроническое. Острое воздействие характеризуется воздействием вредных веществ при большой концентрации в течение короткого интервала времени. Оно происходит быстро, и может привести к немедленному повреждению здоровья. Например, вдыхание угарного газа CO при большой концентрации, или же четырёххлористого углерода может привести к острому отравлению.

Хроническое воздействие происходит, когда организм непрерывно поглощает небольшие количества вредного вещества в течение длительного времени. Каждая доза - по-отдельности - оказывает небольшое вредное воздействие, но при накоплении в течение длительного времени (месяцев, лет) может произойти серьёзное повреждение здоровья. Те токсичные вещества, которые могут накапливаться в тканях, оказывают постоянное негативное воздействие на здоровье. Также хроническое отравление может произойти при воздействии небольшого количества токсичных веществ, которые вызывают необратимое повреждение тканей и органов так, что происходит накопление не самого токсичного вещества, а таких повреждений. Примером хронического заболевания является силикоз, возникающий при вдыхании кристаллического кварца в течение многих лет.

Фиг. 2.1. Размеры частиц аэрозолей

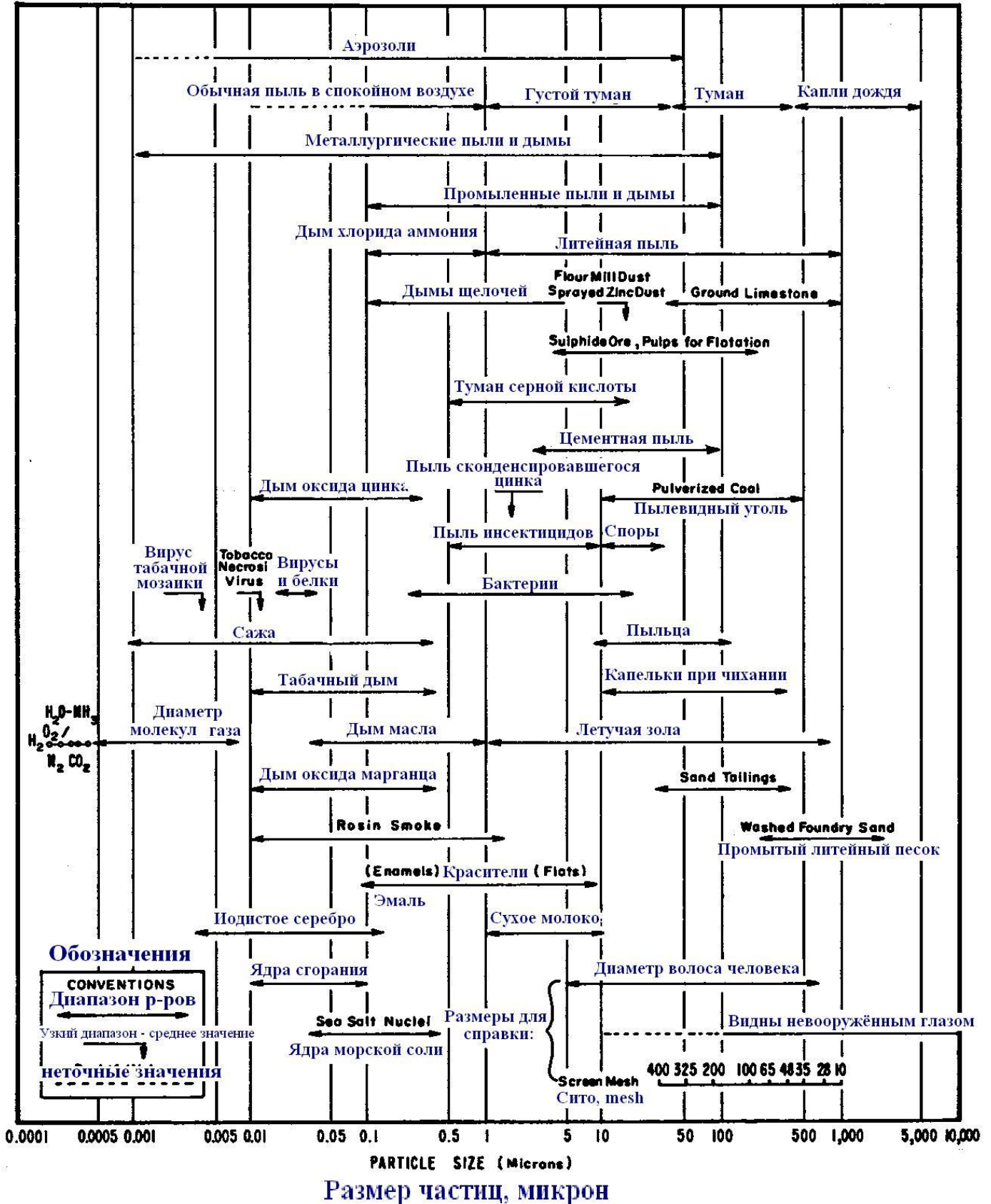


Figure 2.1. The size of airborne contaminants. (Chart reproduced by courtesy of the Mine Safety Appliances Company.)

2.4. Изучение веществ, используемых на предприятии

Главной целью изучения используемого сырья является определение того, используются ли потенциально опасные вещества, и - если используются - определение условий их использования.

Первым шагом является определение и запись всех веществ, которые могут использоваться или

получаться в (имеющихся) технологических процессах, и которые могут попасть в воздух или на кожу. Во многих случаях эту информацию можно получить в отделе снабжения - сведения о закупках. Эта информация группируется по местам использования/изготовления веществ, или по технологическим процессам. Это можно сделать при проведении обследования рабочих мест (раздел 2.6), которое иногда называют "обследование предприятия".

Многие виды сырья, используемого в промышленности, известны не по химическому составу, а по коммерческому названию. В этом случае работодатель должен узнать у поставщика/изготовителя химический состав вещества так, чтобы точно знать все компоненты, и правильно оценить их свойства.

Эта информация обычно имеется на **Паспорте безопасности** (*Material Safety Data Sheet*). На Фиг. 2.2 показан вариант паспорта безопасности OSHA, а также существует (полезный) вариант паспорта безопасности NIOSH. Показанный вариант (*OSHA*) требуется использовать только в судостроении - при ремонте, изготовлении и утилизации кораблей (стандарты OSHA 29 CFR 1915, 1916 и 1917). Этот вид паспорта безопасности должен использоваться только там, где это требует законодательство. В (2-1) даны указания и объяснения терминов, которые используются при разработке таких двухстраничных паспортов безопасности (*OSHA form 20*). В 2-3 обсуждается использование 4-страничного паспорта безопасности NIOSH. При использовании этих паспортов безопасности - проверьте, нет ли какого-нибудь из компонентов в федеральном стандарте (по токсичным веществам и их ПДК) 29 CFR 1910. Если есть, то в отношении этих веществ может потребоваться выполнение особых требований, включая добавление специальной информации - согласно требованиям OSHA. Приложения с такими требованиями (*к стандарту по охране труда*) обычно используют для получения конкретной информации о таких веществах.

Затем нужно сравнить (полученный перечень веществ) со списком веществ из стандарта по охране труда 29 CFR 1910. Это позволит работодателю определить, существуют ли установленные законодательством требования, регулирующие обращение именно с этим веществом. Если даже эти требования не охвачены федеральными стандартами по обращению с токсичными веществами, при работе с ними могут использоваться схожие принципы - как и в опубликованных федеральных стандартах. Работодателю может потребоваться консультация специалиста в области промышленной гигиены.

2.5. Технологический процесс как причина загрязнения воздуха

Нужно изучить и разобраться в технологических процессах и производственных операциях, в которых используются вещества, про которые известно, что они токсичны. Есть много технологических процессов и операций, которые следует считать потенциально опасными в отношении попадания в производственные помещения / на рабочие места токсичных веществ, и воздействия этих веществ на рабочих при концентрации, большей уровня реагирования. Ниже приводятся несколько примеров:

- Любой процесс или операция, при которых происходит шлифование, пескоструйная обработка, отпиливание, резка или другие действия, при которых образуется пыль.
- Любое горение.
- Плавление металлов, при котором образуется дым и оксиды металлов.
- Процессы, при которых происходит плавление металлов, так что при этом образуется дым и оксиды металлов.
- Любой процесс, при котором происходит распыление растворителей или их использование в виде жидкости, или использование веществ, содержащих растворители (например - смешивание сырых материалов, окраска распылением, или очистка с использованием растворителей). Это может привести к загрязнению воздуха парами и туманами.
- Процессы обработки поверхностей металлов - очистка, травление, обработка кислотой. Это может привести к загрязнению воздуха парами и туманами.

Эти процессы и операции - только примеры из множества процессов, используемых в промышленности. В таблице 2.1 приводятся некоторые дополнительные примеры потенциально опасных операций и воздушных загрязнений.

2.6. Обследование рабочих мест

В предыдущих разделах в общих чертах были описаны опасности, с которыми могут столкнуться сотрудники на рабочих местах. Но они или не дают никакого, или дают очень слабое представление о реальном воздействии вредных веществ. Они предназначены только для того, чтобы показать существование возможности (их) воздействия на рабочих. Таким образом, после получения информации о физическом состоянии вредных веществ и их влиянии на организм, химии веществ, получающихся на **промежуточных** и конечных этапах технологических процессов, при продолжении обследования проводится наблюдение за выполнением работы. Это позволяет выявить опасность вредного производственного воздействия и определить - может ли произойти воздействие вредных веществ при их попадании в воздух на сотрудников.

Некоторые потенциально опасные (производственные) условия и источник (опасности) можно выявить визуально, например - операции, при которых в воздух попадает пыль. Но пыль или дым, которые невидимы (из-за маленького размера частиц) более опасны для рабочих, так как более вероятно, что они состоят из респираторных частиц. Респираторной пылью считают такую пыль, которая может достичь нижней части дыхательных путей, поверхность которых лишена "ресничек" - то есть бронхиол и альвеол. Размер таких частиц $< \sim 10$ мкм. В (2-3) обсуждаются измерительные пробоотборные устройства, используемые для определения опасности для здоровья (при загрязнении воздуха нерастворимыми частицами).

Технологические процессы, при которых воздух загрязняется дымом, иногда можно выявить визуально. При плавке металла, сварке и др. - дым виден. При нанесении гальванических покрытий и других операциях, когда металлические поверхности подвергаются разной обработке, при погружении в ёмкости с подогретыми кислотами, щелочами и обезжиривающими составами, часто видно загрязнение воздуха туманом (в виде пара).

Некоторые источники воздушных загрязнений можно выявить по наличию запаха. Часто газы и пары можно обнаружить по их конкретному запаху, вкусу или по раздражению органов дыхания и слизистых оболочек. Но у разных людей способность к такому обнаружению очень различна. Во многих случаях при постепенном увеличении концентрации из-за "привыкания" люди не реагируют на запах, и поэтому к такому способу нужно относиться с осторожностью. Кроме того, у многих газов и паров порог восприятия запаха выше их ПДК (PEL). Поэтому, до того как их воздействие будет обнаружено, воздействие может превысить ПДК. В литературе трудно найти таблицы с значениями пороговых концентраций начала восприятия запаха, и (из-за индивидуальных отличий людей) они содержат противоречивую информацию⁹.

Но можно обратиться к Федеральным стандартам 29 CFR 1910, и проверить таблицу допустимости применения респираторов (*Respiratory Protection Table*)¹⁰. Если OSHA допускает использование респираторов с противогазными фильтрами без индикаторов окончания срока службы для защиты от этих вредных веществ, то можно предположить, что у этих веществ есть какие-то предупреждающие свойства при концентрации, меньшей ПДК (PEL) - обычно это запах или раздражение. Затем можно посмотреть приложения А (*Substance Safety Data*) и В (*Substance Technical Guidelines*) с конкретными стандартами по охране труда при работе с вредными веществами для получения дополнительной информации о возможных предупреждающих свойствах. Наконец, учтите, что можно обнаружить загрязнение воздуха визуально, по запаху, вкусу и раздражению, но органы чувств не позволяют выявить потенциальные опасности.

При определении того, может ли произойти сильное воздействие загрязнений на рабочего, важным фактором является его положение относительно источника загрязнения воздуха. Очевидно, что в большинстве случаев, чем ближе к источнику загрязнения находится рабочий, тем выше вероятность, что может произойти сильное воздействие. В некоторых случаях может потребоваться определить характер движения воздуха на предприятии, так как многие загрязнения могут распространяться на большие расстояния от источника. Поэтому может произойти сильное воздействие на рабочих, которые

9 Часть вредных веществ, ПДК которых превышает пороговую концентрацию восприятия их запаха (~60 веществ), и вредные вещества, у которых порог восприятия запаха не установлен (~120 веществ), имеются в списке, размещённом в интернет, см. Википедия → "[Способы замены противогазных фильтров респираторов](#)"

10 В новых редакциях стандартов, размещённых в интернет - отсутствует из-за изменения политики OSHA. Использовать предупреждающие свойства вредных газов для их обнаружения запретили из-за ненадёжности такого способа.

находятся далеко от источника загрязнения воздуха.

Фиг. 2.2. Паспорт безопасности (Material Safety Data Sheet) вариант OSHA, 2 страницы (form-20)

Минтруда США Управление по охране труда (OSHA)	U.S. DEPARTMENT OF LABOR Occupational Safety and Health Administration	Form Approved OMB No. 44-R1387
MATERIAL SAFETY DATA SHEET Паспорт безопасности		
Required under USDL Safety and Health Regulations for Ship Repairing, Shipbuilding, and Shipbreaking (29 CFR 1915, 1916, 1917)		

SECTION I	
MANUFACTURER'S NAME Изготовитель	EMERGENCY TELEPHONE NO. Телефон для звонков при ЧС
Опасные вещества, образующиеся при таянии	
CHEMICAL NAME AND SYNONYMS Химическое название и синонимы	TRADE NAME AND SYNONYMS Торговое название и синонимы
CHEMICAL FAMILY Класс химических веществ	FORMULA Химическая формула

SECTION II - HAZARDOUS INGREDIENTS Опасные компоненты						
PAINTS, PRESERVATIVES, & SOLVENTS	%	TLV (Units)	ALLOYS AND METALLIC COATINGS	%	TLV (Units)	
PIGMENTS Красители		ПДК	BASE METAL		ПДК	
CATALYST Катализатор			ALLOYS Сплавы			
VEHICLE Связующее			METALLIC COATINGS			
SOLVENTS Растворители			FILLER METAL PLUS COATING OR CORE FLUX			
ADDITIVES Добавки			OTHERS Другое			
OTHERS Другое						
HAZARDOUS MIXTURES OF OTHER LIQUIDS, SOLIDS, OR GASES					%	TLV (Units)
Опасные смеси жидкостей, твёрдых веществ или газов						ПДК

SECTION III - PHYSICAL DATA Физические свойства			
BOILING POINT (°F, °C) Температура кипения	SPECIFIC GRAVITY (M ₂ /M ₁) Относительная плотность (у воды = 1)		
VAPOR PRESSURE (mm Hg) Давление паров (мм рт ст)	PERCENT VOLATILE BY VOLUME (%) Летучесть		
VAPOR DENSITY (AIR=1) Плотность пара (у воздуха = 1)	EVAPORATION RATE (..... /..... /.....) Скорость испарения		
SOLUBILITY IN WATER Растворимость в воде			
APPEARANCE AND ODOR Внешний вид и запах			

SECTION IV - FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA Сведения о взрыво- и пожароопасности			
FLASH POINT (Method used) Температура вспышки (метод измерения)	FLAMMABLE LIMITS Пределы возгорания	LM	UM
EXTINGUISHING MEDIA Средства тушения		Нижний	Верхний
SPECIAL FIRE FIGHTING PROCEDURES Особенности тушения			
UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARDS Необычные опасные особенности, относящиеся к взрыво- и пожароопасности			

SECTION V - HEALTH HAZARD DATA Сведения об опасности для здоровья	
THRESHOLD LIMIT VALUE	ПДК
EFFECTS OF OVEREXPOSURE	При превышении ПДК ...
EMERGENCY AND FIRST AID PROCEDURES Первая помощь ...	

SECTION VI - REACTIVITY DATA Химические свойства		
STABILITY	UNSTABLE	CONDITIONS TO AVOID
Стабильность	СТАБИЛЬ	Следует избегать ...
INCOMPATIBILITY (Materials to avoid) Несовместим с ...		
HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS Опасные вещества, образующиеся при разложении		
HAZARDOUS POLYMERIZATION	MAY OCCUR	CONDITIONS TO AVOID
опасная полимеризация	может произойти	Следует избегать
	WILL NOT OCCUR	
	не может произойти	

SECTION VII - SPILL OR LEAK PROCEDURES	
Мероприятия при разливах/утечке	
STEPS TO BE TAKEN IN CASE MATERIAL IS RELEASED OR SPILLED Действия, которые нужно выполнить, если произошла утечка или разлив вещества	
WASTE DISPOSAL METHOD Метод уборки и утилизации	

Дополнительная специальная информация для обеспечения безопасности			
SECTION VIII - SPECIAL PROTECTION INFORMATION			
RESPIRATORY PROTECTION (Specify type) Респиратор (точно - какой именно)			
VENTILATION	LOCAL EXHAUST	SPECIAL	
Вентиляция	Местные отсосы	Особенности	
	MECHANICAL (General)	OTHER	
	Общеобменная	Другое	
PROTECTIVE GLOVES	Защитные перчатки	EYE PROTECTION	Защита глаз
OTHER PROTECTIVE EQUIPMENT Другие средства защиты			

SECTION IX - SPECIAL PRECAUTIONS Особые меры предосторожности	
PRECAUTIONS TO BE TAKEN IN HANDLING AND STORING Меры предосторожности при обращении с веществом и хранении	
OTHER PRECAUTIONS Другие меры предосторожности	

PAGE (2)

GPO 334-110

Form OSHA-20
Rev. May 72

PAGE (1)

(Continued on reverse side)

Form OSHA-20
Rev. May 72

Также нужно проанализировать те методы, которые используют сотрудники при выполнении работы. Если рабочие наклоняются прямо над ёмкостью с обезжиривающим составом, то вытяжная вентиляция, которая должна предотвращать или уменьшать попадание загрязнений в воздух рабочей зоны, может не выполнить своё назначение. В некоторых случаях привычка рабочего не использовать или неправильно использовать средства защиты может привести к сильному воздействию вредных веществ. Также, ненамеренное или намеренное неосторожное обращение с токсичными веществами

может привести к ситуациям, когда может произойти сильное воздействие.

Фиг. 2.3. Паспорт безопасности (Material Safety Data Sheet) вариант NIOSH, 4 страницы (1977г)

<p style="text-align: center;">Информация о взрыво- и пожароопасности</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 30%;"> <p>Пределы возгорания в воздухе, % по объёму</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> </div> <div style="width: 60%;"> <p>IV. FIRE AND EXPLOSION DATA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">FLASH POINT (TEST METHOD)</td> <td style="width: 35%;">Температура вспышки, способ определения</td> <td style="width: 15%;">AUTOIGNITION TEMPERATURE</td> <td style="width: 25%;">Температура самовоспламенения</td> </tr> <tr> <td colspan="2">FLAMMABLE LIMITS IN AIR, % BY VOL.</td> <td>LOWER</td> <td>UPPER</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Нижний</td> <td>Верхний</td> </tr> <tr> <td>EXTINGUISHING MEDIA</td> <td colspan="3">(Допустимые) огнегасящие средства</td> </tr> <tr> <td>SPECIAL FIRE FIGHTING PROCEDURES</td> <td colspan="3">Особенности тушения</td> </tr> <tr> <td>UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARD</td> <td colspan="3">Необычные особенности, относящиеся к взрыво- и пожароопасности</td> </tr> </table> </div> </div>	FLASH POINT (TEST METHOD)	Температура вспышки, способ определения	AUTOIGNITION TEMPERATURE	Температура самовоспламенения	FLAMMABLE LIMITS IN AIR, % BY VOL.		LOWER	UPPER			Нижний	Верхний	EXTINGUISHING MEDIA	(Допустимые) огнегасящие средства			SPECIAL FIRE FIGHTING PROCEDURES	Особенности тушения			UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARD	Необычные особенности, относящиеся к взрыво- и пожароопасности			<p style="text-align: center;">Информация об опасности для здоровья</p> <p style="text-align: center;">V HEALTH HAZARD INFORMATION</p> <p>HEALTH HAZARD DATA Информация об опасности для здоровья</p> <p>ROUTES OF EXPOSURE Путь попадания в организм</p> <p>INHALATION Вдыхание</p> <p>SKIN CONTACT Через кожу при контакте</p> <p>SKIN ABSORPTION Абсорбция через кожу</p> <p>EYE CONTACT Попадание в глаза</p> <p>INGESTION Проглатывание</p> <p>EFFECTS OF OVEREXPOSURE Влияние на организм при чрезмерном воздействии</p> <p>ACUTE OVEREXPOSURE - при остром воздействии</p> <p>CHRONIC OVEREXPOSURE - при хроническом воздействии</p> <p>EMERGENCY AND FIRST AID PROCEDURES Опасность воздействия и первая помощь при воздействии на:</p> <p>EYES Глаза</p> <p>SKIN: Кожу</p> <p>INHALATION: При вдыхании</p> <p>INGESTION: При проглатывании</p> <p>NOTES TO PHYSICIAN Информация для врача</p>
FLASH POINT (TEST METHOD)	Температура вспышки, способ определения	AUTOIGNITION TEMPERATURE	Температура самовоспламенения																						
FLAMMABLE LIMITS IN AIR, % BY VOL.		LOWER	UPPER																						
		Нижний	Верхний																						
EXTINGUISHING MEDIA	(Допустимые) огнегасящие средства																								
SPECIAL FIRE FIGHTING PROCEDURES	Особенности тушения																								
UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARD	Необычные особенности, относящиеся к взрыво- и пожароопасности																								

I PRODUCT IDENTIFICATION		
MANUFACTURER'S NAME Название изготовителя	REGULAR TELEPHONE NO.	EMERGENCY TELEPHONE NO.
ADDRESS Адрес		
TRADE NAME Коммерческое название вещества		
SYNONYMS Синонимы, другие его названия		
II HAZARDOUS INGREDIENTS Опасные компоненты		
MATERIAL OR COMPONENT	%	HAZARD DATA
Вещество или компонент		
III PHYSICAL DATA Физические свойства		
BOILING POINT, 760 MM HG Температура кипения при давлении 760 мм Hg	MELTING POINT Темпер. плавления	
SPECIFIC GRAVITY (H ₂ O=1) Относительная плотность (H ₂ O=1)	VAPOR PRESSURE Давление пара	
VAPOR DENSITY (AIR=1) Плотность пара (по отношению к воздуху)	SOLUBILITY IN H ₂ O, % BY WT. Растворимость в воде, в % по массе	
% VOLATILES BY VOL. Летучесть по объёму %	EVAPORATION RATE (BUTYL ACETATE=1) Относительная скорость испарения (скорость испарения изобутилацетата = 1)	
APPEARANCE AND ODOR Внешний вид и запах		

IX SPECIAL PRECAUTIONS	
PRECAUTIONARY STATEMENTS	Особые меры предосторожности
OTHER HANDLING AND STORAGE REQUIREMENTS	Другие требования, которые должны выполняться при обращении с веществом и его хранении

VI REACTIVITY DATA Химические свойства	
CONDITIONS CONTRIBUTING TO INSTABILITY	Условия, при которых может произойти разложение
INCOMPATIBILITY	Несовместим с
HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS	Опасные вещества, образующиеся при разложении
CONDITIONS CONTRIBUTING TO HAZARDOUS POLYMERIZATION	Условия, при которых может произойти опасная полимеризация
VII SPILL OR LEAK PROCEDURES Мероприятия при разливах/утечке	
STEPS TO BE TAKEN IF MATERIAL IS RELEASED OR SPILLED	Действия, которые нужно выполнить, если произошла утечка или розлив вещества
NEUTRALIZING CHEMICALS	Нейтрализующие вещества
WASTE DISPOSAL METHOD	Метод уборки и утилизации
Дополнительная специальная информация для обеспечения безопасности	
VIII SPECIAL PROTECTION INFORMATION	
VENTILATION REQUIREMENTS	Требования к вентиляции
SPECIFIC PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT	Средства индивидуальной защиты
RESPIRATORY (SPECIFY IN DETAIL)	Респиратор (точно - какой именно)
EYE	Глаза
GLOVES	Перчатки
OTHER CLOTHING AND EQUIPMENT	Другая спецодежда и оборудование

PREPARED BY: Изготовлен

ADDRESS: Адрес

DATE: Дата

Неправильное проектирование, установка и наладка, и техобслуживание технических средств защиты во многих случаях может привести к вредному воздействию. Очень часто работодатели или их

субподрядчики пренебрегают принципами работы местных отсосов вытяжной вентиляции, и проектируют и используют неэффективные (вентиляционные) системы. Нужно выполнять принципы проектирования и измерения эффективности (вентиляционных) систем (2-4).

На концентрацию вредного вещества влияют и другие производственные условия. Высокая температура увеличивает испарение токсичных растворителей. Положение открытых дверей и окон влияет на "естественное проветривание", которое рассеивает или разбавляет вредные вещества, попавшие в воздух рабочей зоны. Нужно обратить внимание на общеобменную вентиляцию, которая в некоторой степени может снизить вредное воздействие.

Таблица 2.1. Потенциально опасные операции и воздушные загрязнения

Вид процесса	Тип загрязнения	Примеры загрязнений
Операции, связанные с нагреванием		
Сварка Химические реакции Пайка Плавление Отливание Горение	Газы(г) Аэрозоли(а)	Хроматы (п) Цинк и (его) соединения (п) Марганец и (его) соединения (п) Оксиды металлов (п) Угарный газ СО (г) Озон (г) Оксид кадмия (п) Фториды (п) Свинец (п) Винилхлорид (г)
Операции с жидкостями		
Окраска Обезжиривание Погружение в жидкость Распыление Окраска кистью Нанесение покрытий Травление Очистка Сушка <i>pickling</i> Никелирование Смешивание Нанесение гальванических покрытий Химические реакции	Пары(па) Газы(г) Туманы(т)	Бензол (па) Трихлорэтилен (па) Метиленхлорид (па) 1,1,1-трихлорэтилен (па) Соляная кислота HCl (т) Серная кислота (т) Хлороводород (г) Соли - цианиды (т) Хромовая кислота (т) Цианистый водород (г) Толуилендиизоцианаты и др. (па) Сероводород (г) Диоксид серы (г) Четырёххлористый углерод (па)
Операции с твёрдыми/сплошными материалами		
<i>Пересыпание (Pouring)</i> Смешивание Сепарация Добыча / <i>Extraction</i> Дробление Перемещение Загрузка Заполнение мешков	Пыль	Цемент Кварц Стекловолокно
Распыление под давлением		
Очистка деталей Применение пестицидов Обезжиривание Пескоструйная обработка Окраска	Пары(па) Пыль(п) Туман(т)	Органические растворители (па) Хлордан (т) Паратион (т) Трихлорэтилен (па) 1,1,1-трихлорэтан (па) Метилен хлорид (па) Кварц (п)

Придание формы / <i>shaping operation</i>		
Резка Шлифование Опиловка Фрезерование Формование Отпиливание Сверление	Пыль(п)	Асбест Бериллий Уран Цинк Свинец

2.7. Вычисление концентрации вредных веществ

Зная производительность вентиляции и скорость попадания вредных веществ в воздух, часто можно провести вычисления для определения того, не происходит ли нарушения стандартов (*по охране труда, то есть - превышения ПДК/PEL*). Например, предположим, что за 8 часов происходит испарение 4 галлонов (~18.2 литра) метилэтилкетона, а производительность разбавляющей (общеобменной) вентиляции ~17 тыс м³/час. Используя уравнение из (2-4) получим:

Оценка концентрации (единицы измерения - ppm, частей на миллион по объёму) = $403 * (a) * (10^6) * (b) * (K) / \{ (c) * (d) \}$, где

- (a) - удельная плотность растворителя,
- (b) - расход растворителя, пинт (~0.473 л) за час,
- (c) – молярный вес растворителя,
- (d) - производительность вентиляции, куб футов (~28 л) за час.

В (2-4) приводятся значения молярных масс и плотностей многих растворителей. Также, у многих вредных веществ, работа с которыми регулируется федеральными стандартами по охране труда, в приложении В (в 29 CFR 1910) - Substance Technical Guidelines приводится информация о плотности и молярном весе.

K - это коэффициент безопасности, который нужно использовать, чтобы учитывать неравномерность перемешивания вещества в помещении, расположение вентиляторов, близость сотрудников к источнику загрязнения и т. д. В (2-4) сказано, что обычно используют K = 3÷10 при работе разбавляющей (общеобменной) вентиляции. Но в нашем случае для достижения цели такие значения K могут оказаться недостаточно большими. Коэффициент K можно считать приближённым отношением концентрации в зоне дыхания во время работы к концентрации в воздухе помещения.

Gonzales et al (2-5) провёл исследование, выпуская в воздух аэрозоль диоктилфталата в одном месте комнаты (6*6*2 м). Воздухообмен в помещении был 6, 9 и 12 [1/час], а воздух подавался через воздухораспределитель, занимавший всю стену - равномерно и однородно. Во всех случаях концентрация диоктилфталата на расстоянии 1.2-3 м от источника аэрозоля в вероятной зоне дыхания достигала до 4% от концентрации у источника загрязнения. В то же время, ближе к источнику и на 61 см выше него, измеренная концентрация в воздухе помещения достигала от 0.04 до 0.6% от концентрации источника. Отношение концентраций в зоне дыхания к концентрации в помещении ~100 - не редкость.

Поэтому, если сотрудник находится близко к источнику (до 3 м), и особенно - если ниже него по потоку воздуха, то значение K=100 следует обоснованно считать консервативным. В других случаях можно использовать K=10. Написанное выше применяется только если не используется правильно спроектированная и адекватно работающая местная вытяжная вентиляция, а для снижения загрязнённости воздуха используется разбавление и перемешивание.

Если K=10, то в примере с кетоном получим:

$$403 * (0.81) * (10^6) * (4) * (10) / \{ (72) * (600\ 000) \} = 300 \text{ ppm}$$

Для метилэтилкетона соответствующий стандарт ограничивает среднесменную концентрацию 200 ppm. Для измерения воздействия нужно выбрать того сотрудника, который подвергается наибольшему риску - работая ближе всех к источнику (ёмкости с кетоном и т. п.). Как описано в главе 3, нужно провести измерение воздействия так, чтобы оно соответствовало характерному максимально-вероятному. (Допущения), сделанные при этом вычислении ранее, должны быть очень консервативны,

так как $K=1$ предполагает, что происходит полное перемешивание, что недостижимо, и можно ожидать, что около источника загрязнения концентрация будет в $10 \div 100$ раз выше средней по помещению.

Если помещение "закрытое", или если воздухообмен неизвестен (или он очень маленький), можно сделать консервативное предположение, что воздухообмен = 1 [1/час]. Так как вероятно, что воздух в помещении будет плохо перемешиваться, то лучше взять $K=50$. Получим:
 концентрация (ppm) = $403 * (\text{плотность}) * (10^6) * (\text{расход растворителя, пинт/час}) * (50) / \{ (\text{молярная масса}) * (\text{объём помещения, куб футов}) \}$

Если метилэтилкетон используется в не вентилируемом помещении при расходе 1 пинта (~0.473 л) за 8-часовую смену, а объём помещения ($6*6*3$ м) = 108 м³ (=4000 куб футов), то получим:

$$403 * (0.81) * (10^6) * (0.125) * (50) / \{ (72) * (4000) \} = 7100 \text{ ppm}$$

Этот случай соответствует максимальному воздействию на рабочего, как описано в главе 3.

Немен (2-6) привёл более сложное уравнение для обычного разбавления у точечных, линейных и поверхностных источников. Эти уравнения очень полезны для оценки концентраций, которые преобладают в зоне дыхания во время работы сотрудников, когда те выполняют задания, когда испарение происходит на небольшом расстоянии (несколько футов / 0.3 м) от их зоны дыхания. В этом случае концентрация в зоне дыхания может быть большой, а в помещении - низкой. В (2-6) также приводятся оценки для типичных расходов растворителей, когда их расход неизвестен. Ниже приводится перечень расходов растворителей при их различном применении:

Вид работы	Пинт в минуту на 1 сотрудника
Нанесение состава вручную маленькой кистью	0.02 ÷ 0.03
Нанесение состава вручную большой кистью	0.02
Работа кистью вручную при необычно высокой максимальной скорости	0.75 ÷ 1.5
Механическое нанесение покрытий	1/3 ÷ 2
Механизованная окраска распылением	0.25 ÷ 0.5

Более точную информацию о расходе растворителя можно получить у рабочего, или у бригадира.

2.8. Жалобы рабочих или симптомы

При определении необходимости проведения измерения воздействия всегда нужно учитывать те жалобы или симптомы сотрудников, которые могут объясняться сильным воздействием химических веществ. Информацию о обычных симптомах при воздействии конкретного вредного вещества можно получить из раздела (*Health Hazard Data*) в приложении А стандарта по охране труда при работе с этим вредным веществом (см. 1.4); и в разделе (*Signs and Symptoms*) в приложении С. По этому вопросу нужно проконсультироваться с медсестрой или врачом, обслуживающим рабочих.

2.9. Отчёт о проведении изучения производственных условий

Цель предыдущих разделов - получить написанный отчёт, содержащий вывод/заключение - может ли какой-то рабочий подвергаться воздействию вредных химических веществ, загрязняющих воздух. Минимальная информация, которая должна быть в отчёте, описана в соответствующем документе (29 CFR 1910 Подчасть Z). Ниже приводятся рекомендации о тех подробностях, которые должны быть в отчёте. Для удобства отчёт должен относиться или к рабочему, или к технологической операции. Это (не нарушает) требования федеральных стандартов.

1. Дата (составления отчёта).
2. ФИО и номер соц. страховки каждого рабочего, который рассматривался при выполнении данной работы.
3. Работа, выполнявшаяся сотрудниками при составлении отчёта.
4. Расположение места выполнения работы.
5. Химические вещества, которые могут воздействовать на рабочих (для каждой технологической операции).
6. Любая информация, наблюдения или оценки, которые могут показывать (что происходит или может произойти) воздействие химических веществ на этого рабочего. Список любых результатов измерений воздействий, и вычислений воздействий.

7. Значения ПДК (PEL), установленные федеральным законодательством, и/или предельно допустимые концентрации, рекомендуемые ACGIH (TLV).
8. Жалобы или симптомы, которые могут возникнуть при воздействии химических веществ.
9. Тип и эффективность любых мер, использованных для уменьшения воздействия. Для механической вентиляции - список измерений, проведенных для определения её эффективности.
10. Диапазоны (параметры) технологического процесса, условий работы, и мероприятий по уменьшению воздействия, для которых проводится определение.
11. Выводы (заключение) проведенного определения, включая любые действия, которые потребуются выполнить в дальнейшем.

Ссылки

- 2-1. **US Department of Labor:** Material Safety Data Sheet. Available from OSHA Area and Regional Offices.
- 2-2. **US Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health:** A Recommended Standard . . . An Identification System for Occupationally Hazardous Materials, NIOSH Publication, HEW Pub. No. (NIOSH) 75-126, Cincinnati, Ohio 45226, 1974.
- 2-3. **Aerosol Technology Committee,** American Industrial Hygiene Association: Guide for Respirable Mass Sampling. American Industrial Hygiene Association Journal, 31:133, 1970.
- 2-4. **American Conference of Governmental Industrial Hygienists:** Industrial Ventilation – A Manual of Recommended Practice, 14th ed. This manual is revised about every 2 years/ The current edition can be purchased from the ACGIH Committee on Industrial Ventilation, PO Box 453, Lansing, Mich 48902, 1976.
- 2-5. **Gonzales M, HJ Ettinger,** RG Stafford and CE Breckinridge: Relationship Between Air Sampling Data from Glove Box Work Areas and Inhalation Risk to the Worker. Los Alamos Scientific Laboratory Informal Report, #LA-5520-MS, Los Alamos, N. Mex. 87104, 1974.
- 2.6. **Hemeon WCL:** Plant and Process Ventilation, 2nd ed. The Industrial Press, Inc., New York, NJ, 1963.

Рекомендуемая литература к Главе 2

- US Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health:** The Industrial Environment – Its Evaluation and Control. Superintendent of Documents, US Government Printing Office, GPO No. 1701-00396, Washington, DC 20402, 1973.
- Environmental Health Monitoring Manual.** Environmental Health, Room 2519, 600 Grant Street, Pittsburgh, Pa. 15230, 1973.
- Olishifski JB and FE McElroy:** Fundamentals of Industrial Hygiene: National Safety Council, 425 N. Michigan Avenue, Chicago, Ill. 60611, 1971.
- Patty FA ed.:** Industrial Hygiene and Toxicology, vols I and II. Interscience Publishers, Inc, 250 Fifth Avenue, New York, NY 1958.
- Sax NI:** Dangerous Properties of Industrial Materials, 4th ed. Van Nostrand Reinhold Co. New York, NY, 1975.
- Gleason MN, RE Gosselin and HC Hodge: Clinical Toxicology of Commercial Products, 3rd ed. The Williams and Wilkins Co. Baltimore, MD, 1969.
- Casarett LJ and J Doull,** eds. Toxicology. Macmillan Publishing Co., New York, NY, 1972.
- Cralley LV et al,** eds.: Industrial Environmental Health: The Worker and the Community. Academic Press. New York, NY 1972.

Глава 3. Стратегия отбора проб при измерении воздействий

Как только определение показало, что может произойти значительное воздействие воздушных загрязнений на сотрудников, работодатель обязан измерить это воздействие. Для разработки программы измерения воздействия на сотрудников нужно решить следующие вопросы:

- Воздействие на каких сотрудников нужно измерить?
- Где по отношению к сотруднику должно находиться измерительное устройство?
- Сколько замеров нужно сделать за рабочий день для определения воздействия на сотрудников?
- Какова должна быть длительность замера воздействия?
- В какие периоды рабочей смены должны проводиться замеры воздействия?
- Сколько дней в течение года должны проводиться измерения, и когда?

Эти вопросы обсуждаются в следующих разделах главы (№3). Помните, что "воздействие на сотрудника" означает такое воздействие, которое произойдет, если рабочий не использует респиратор.

3.1. Выбор сотрудника или сотрудников, у которых будут проводиться измерения

Разработанные OSHA нормативные документы требуют, чтобы - как только определение покажет, что воздействие на какого-нибудь сотрудника может превысить уровень реагирования - работодатель измерил воздействие на того сотрудника, у которого, как считается, оно максимальное. Это подход известен как проведение измерений у "сотрудников с максимальным риском".

3.1.1. Выбор подгруппы рабочих, у которых уровень риска максимальный

В главе 2 обсуждались факторы, которые нужно учитывать при определении того, может ли произойти воздействие токсичных веществ при концентрации, превышающей уровень реагирования.

Если определение показало, что это возможно, то следующим шагом является выбор сотрудника или группы сотрудников - 'максимального риска', у которого(ых), как считается, воздействие наибольшее, так что оно может быть измерено. Теперь для выбора рабочих и определения их категории (в отношении возможного риска) используется та же информация, что и в предыдущей главе, и результаты выбора и определения категории записываются.

При первом определении, (проведённом для) оценки того, какие рабочие могут подвергаться воздействию вредных веществ, (также) делается оценка того, что воздействие может превышать определённый уровень, или не может его превысить. При отсутствии конкретных замеров загрязнённости воздуха для выбора рабочих с максимальным риском нужно сравнить ожидаемое воздействие у разных рабочих.

В идеале, замеры воздействия должны проводиться у каждого рабочего (который потенциально подвергается воздействию) - индивидуально, и (затем) должно определяться, к какой категории он относится (нет воздействия, есть воздействие, воздействие чрезмерно). Но в большинстве случаев ситуация не идеальна, а начальное определение - очень неточное, "грубое" - оно обычно не включает замеры загрязнённости воздуха. Более подходящая стратегия измерения воздействия (для более эффективного использования имеющихся возможностей) должна состоять в проведении замеров у тех рабочих, у которых оно (предположительно) наибольшее. Если воздействие на рабочих может произойти при выполнении разных производственных операций, то рабочих с "максимальным риском" нужно выбрать для каждой из (таких) операций. Это сильно снижает затраты на проведение измерений, так как они не проводятся (сначала) у тех рабочих, у которых не ожидается (относительно) большое воздействие (по сравнению с группой с "максимальным риском").

И в этом случае нельзя дать какие-то определённые рекомендации, которые можно использовать при выполнении любой работы в любой отрасли промышленности. Но проведение (описанного ранее) определения обычно может дать достаточно информации для того, чтобы компетентный и информированный (специалист) мог правильно выявить рабочих с наибольшим воздействием.

В общем, лучший способ выявить рабочих с "максимальным воздействием" это - наблюдение, и выбор (тех) рабочих, которые находятся ближе всех к источнику загрязнения. Например, при шлифовании максимальное воздействие пыли ожидается у того рабочего, который выполняет эту работу. Чем дальше от места шлифования находятся (другие) рабочие, тем меньше вероятность значительного воздействия, так как образовавшиеся воздушные загрязнения по мере удаления от источника

загрязнения будут, вероятно, разбавляться. Поэтому при выполнении подобной работы оценку загрязнённости воздуха на разных расстояниях от источника можно использовать для оценки риска воздействия на рабочих. Другим примером процесса, в котором расстояние до источника может играть главную роль в определении риска, является сварка в не-ограниченном пространстве.

Расстояние до источника загрязнений - это лишь один из факторов при определении возможного риска. Другой - подвижность рабочего. Пусть сотрудник обслуживает сушилку, из которой растворители поступают в атмосферу. Если сотрудник движется во время работы, то в моменты времени, когда концентрация растворителя большая, он может находиться на расстоянии от сушилки, когда концентрация загрязнений около неё велика - каждый раз, когда это происходит. Для точного определения характера воздействия на такого рабочего нужно провести тщательные наблюдения за перемещениями рабочего и соответствующими им режимами работы оборудования (то есть - концентрациями загрязнения).

Для точного определения возможного риска (воздействия) на рабочих нужно проанализировать движение воздуха в производственном помещении. При таких процессах, как нагрев и горение, воздух может двигаться так, что из-за естественной конвекции рабочие с максимальным риском могут находиться на значительном расстоянии от источника загрязнения. На движение воздуха и, следовательно, на изменение концентрации в разных местах по отношению к источнику загрязнения, влияют: положение всасывающих и приточных отверстий вентиляционной системы, положение открытых дверей и окон, размеры и форма помещения.

Отличия в индивидуальном поведении рабочих могут сильно влиять на воздействие на них. Даже когда несколько рабочих выполняют одну и ту же работу одним способом, воздействие может быть различным. Например, при очистке металлических изделий их помещают в корзину, и погружают её в большую ёмкость с растворителем. Когда корзина вынимается из ёмкости, то (будет) правильно дать стечь излишкам растворителя в ёмкость. Если этого не делать, то они будут стекать на пол, и испаряться, загрязняя воздух. Это увеличит воздействие по сравнению с более аккуратным выполнением (той же самой) работы.

3.1.2. Случайный выбор в группе рабочих с однородным /схожим риском

Если нельзя достаточно уверенно выбрать рабочих с наибольшим риском (для данной операции), то нужно случайным образом выбрать подгруппу рабочих из такой группы, и провести замеры воздействия у случайно выбранных членов подгруппы. То есть, в группе рабочих со схожим ожидаемым риском нужно выбрать подгруппу адекватного размера так, чтобы с большой вероятностью при таком случайном проведении измерений хотя бы у одного из рабочих получилось большое воздействие (если оно имеется). (Заметим, что такое "неполное" измерение не используется, если измерения воздействия показали, что по причинам, описанным в техническом приложении В, воздействие на рабочих равно или выше уровня реагирования). Выполняют следующие действия:

Шаг 1. С помощью таблицы 1 определяется количество рабочих, у которых проводятся измерения.

Шаг 2. Случайным образом выбирается определённое ранее число рабочих. Для случайного выбора в 1970-е использовалась таблица 2 со случайными числами.

Таблица 3.1 Размер необходимой подгруппы для получения максимальных 10% значений с вероятностью 90%.

Размер основной группы, чел	Размер подгруппы
<8	Равен размеру основной группы
8	7
9	8
10	9
11 ÷ 12	10
13 ÷ 14	11
15 ÷ 17	12
18 ÷ 20	13
21 ÷ 24	14
25 ÷ 29	15
30 ÷ 37	16
38 ÷ 49	17
50	18

Шаг 1. Определение количества рабочих, у которых будут проводиться измерения

В таблице 3.1. приводится количество людей (n) из группы размером ($N=1\div 50$), случайный выбор которых обеспечивает 90% вероятность того, что хотя бы один из выбранных рабочих попадёт в группу из 10% рабочих, у которых воздействие наибольшее. И наоборот, с вероятностью 10% ни один из выбранных рабочих не попадёт в число тех 10%, у которых воздействие наибольшее. Таблица 3.1 взята из таблицы А-1 из технического приложения А.

Предположим, например, что имеется группа из 26 рабочих со схожим ожидаемым риском. Чтобы хотя бы один из трёх рабочих, у которых риск максимальный (10% от 26 \approx 3) попал в случайно выбранную подгруппу с вероятностью 90%, в подгруппе должно быть 15 человек - почти 60%, и это обеспечит вероятность 90%, что хотя бы один из выбранных попадёт в группу с наибольшим воздействием.

Шаг 2. Случайный выбор рабочих (в 1970-е)

После определения размера подгруппы нужно реально выбрать рабочих случайным образом, и измерить воздействие на них. Ниже описано, как это можно сделать с помощью таблицы случайных чисел (таблица 3.2):

- 1) Присвойте каждому из рабочих основной группы порядковый номер (1 - N).
- 2) Выберите какую-то случайную стартовую позицию в таблице 3.2. Спускайтесь от неё вниз, пропуская все числа, которые больше N, и равные 0. Выбирайте остальные числа, меньшие или равные N, до тех пор, пока их не наберётся n (штук).
- 3) Если нужно, перейдите на следующий столбец, а если столбцы закончились - на первый.

Для группы из 26 человек это выглядит так: Рабочим присваивают номера 1-26. В столбце 10 произвольно выбирают первое число, и (двигаясь вниз) выбираются случайные числа (11, 20, 8, 1, 14, 13, 25, 23, 7, 22, 18, 19, 9, 10, 3). Те рабочие, у которых такие номера, выбираются в подгруппу для проведения замеров.

Если требуется обеспечить вероятность, отличающуюся от 90%, используйте техническое приложение А "Вычисление размера подгруппы для подгруппы с максимальным риском в группе рабочих со схожим риском".

3.1.3. Выбор рабочих для планового периодического измерения воздействий

Стандарты OSHA требуют, чтобы в случае, если хотя бы у одного рабочего воздействие превысило уровень реагирования, работодатель:

1. Выявил всех сотрудников, воздействие на которых может превысить уровень реагирования.
2. Измерил воздействие на всех этих сотрудников.

Выполнение этих требований приводит к тому, что измеряется воздействие только на тех рабочих, у которых оно большое. Работодатель должен выявить группу рабочих с большим риском, и измерить воздействие на каждого такого рабочего. Важно понимать, что эти требования нельзя выполнить, проводя замеры у подгруппы рабочих, и используя среднее измеренное воздействие как показатель воздействия на всех рабочих (за небольшим, редким исключением). Это нельзя делать из-за сильного непостоянства воздействия на сотрудников - даже если они выполняют одинаковую работу. В техническом приложении В приводятся объяснения непостоянства воздействия на рабочих из производственных групп, в которых риск воздействия схожий.

Независимо от того, проводятся ли замеры у рабочего с максимальным риском, или у случайно выбранной подгруппы рабочих (из группы со схожим риском), цель одинакова - определить, может ли воздействие на какого-нибудь сотрудника превысить уровень реагирования. Если каким-то способом удалось выявить рабочих с максимальным риском, и у них воздействие меньше уровня реагирования, то будет логично предположить, что воздействие у других сотрудников, выполняющих такую же работу, будет меньше уровня реагирования. В этом случае не требуется предпринимать никакие действия до тех пор, пока не произойдут какие-то измерения в технологическом процессе или работе оборудования, снижающего загрязнённость воздуха, или в организации выполнения работы. А если измеренное воздействие у рабочего (рабочих) с максимальным риском выше уровня реагирования, то то нужно продолжить выявление таких сотрудников, у которых воздействие может превышать уровень реагирования.

Таблица 3.2 Таблица случайных чисел для случайного отбора части из большой группы

	1			5					10				15				20						25		
1	5	57	23	6	26	23	8	66	16	<u>11</u>	73	28	81	56	14	62	82	45	65	80	36	2	76	55	63
	37	78	16	5	57	12	46	22	90	97	78	67	39	6	63	60	51	2	7	16	75	12	90	41	16
	23	71	15	8	82	64	87	29	1	<u>20</u>	46	72	5	80	19	27	47	15	76	51	58	67	6	80	34
	42	67	98	41	67	44	28	71	43	<u>8</u>	<u>19</u>	47	76	30	26	72	33	69	92	51	95	23	36	85	76
	5	83	3	84	32	62	83	27	48	83	<u>9</u>	19	84	90	20	20	50	87	74	93	51	62	10	23	30
6	60	46	16	41	23	74	73	51	72	90	40	52	95	41	20	89	49	98	27	38	81	33	83	82	94
	32	80	64	75	91	98	9	40	64	89	29	99	46	35	69	91	50	73	75	92	90	56	82	93	24
	79	86	53	77	78	6	62	37	48	82	71	00	78	21	65	65	88	45	82	44	78	93	22	78	9
	45	13	23	32	1	9	46	36	43	66	37	15	35	4	88	79	83	53	19	13	91	59	81	81	87
	20	60	97	48	21	41	84	22	72	77	99	81	83	30	46	15	90	26	51	73	66	34	99	40	60
11	67	91	44	83	43	25	56	33	28	80	99	53	27	56	19	80	76	32	53	95	97	53	9	61	98
	86	50	76	93	86	35	68	45	37	83	47	44	52	57	66	59	64	16	48	39	26	94	54	66	40
	56	73	38	38	23	36	10	95	16	<u>1</u>	<u>10</u>	1	59	71	55	99	24	88	31	41	0	73	13	80	62
	55	11	50	29	17	73	97	4	20	39	20	22	71	11	43	0	15	10	12	35	9	11	0	89	5
	23	54	33	87	92	92	4	49	73	96	57	53	57	8	93	9	69	87	83	7	46	39	50	37	85
16	41	48	67	79	44	57	40	29	10	34	58	63	51	18	7	41	2	39	79	14	40	68	10	1	61
	3	97	71	72	43	27	36	24	59	88	82	87	26	31	11	44	28	58	99	47	83	21	35	22	88
	90	24	83	48	7	41	56	68	11	<u>14</u>	77	75	48	68	8	90	89	63	87	0	6	18	63	21	91
	98	98	97	42	27	11	80	51	13	<u>13</u>	<u>3</u>	42	91	14	51	22	15	48	67	52	9	40	34	60	85
	74	20	94	21	49	96	51	69	99	85	43	76	55	81	36	11	88	68	32	43	8	14	78	5	34
21	94	67	48	87	11	84	0	85	93	56	43	99	21	74	84	13	56	41	90	96	30	4	19	68	73
	58	18	84	82	71	23	66	33	19	<u>25</u>	65	17	90	84	24	91	75	36	14	83	86	22	70	86	89
	31	47	28	24	88	49	28	69	78	62	23	45	53	38	78	65	87	44	91	93	91	62	76	9	20
	45	62	31	6	70	92	73	27	83	57	15	64	40	57	56	54	42	35	40	93	55	82	8	78	87
	31	49	87	12	27	41	7	91	72	64	63	42	6	66	82	71	28	36	45	31	99	1	3	35	76
26	69	37	22	23	46	10	75	83	62	94	44	65	46	23	65	71	69	20	89	12	16	56	61	70	41
	93	67	21	56	98	42	52	53	14	86	24	70	25	18	23	23	56	24	3	86	11	6	46	10	23
	77	56	18	37	1	32	20	18	70	79	20	85	77	89	28	17	77	15	52	47	15	30	35	12	75
	37	7	47	79	60	75	24	15	31	63	25	93	27	66	19	53	52	49	98	45	12	12	6	9	32
	72	8	71	1	73	46	39	60	37	58	22	25	20	84	30	2	3	62	68	58	38	4	6	89	94
31	55	22	48	46	72	50	14	24	47	62	84	37	32	84	82	64	97	13	69	86	20	9	80	46	75
	69	24	99	90	70	29	34	25	33	<u>23</u>	12	69	90	50	38	93	84	32	28	96	3	65	70	90	12
	1	86	77	18	21	91	66	11	84	65	48	75	26	94	51	40	51	53	36	39	77	69	6	25	7
	51	40	94	6	80	61	34	28	46	28	11	48	48	94	60	65	6	63	71	6	19	35	5	32	56
	58	78	2	85	80	29	67	27	44	<u>7</u>	57	23	20	28	22	62	97	59	62	13	41	72	70	71	7
36	33	75	88	51	0	33	56	15	84	34	28	50	16	65	12	81	56	43	54	14	63	37	74	97	59
	58	60	37	45	62	9	95	93	16	59	35	22	91	78	4	97	98	80	20	4	38	93	13	92	30
	72	13	12	95	32	87	99	32	83	65	40	17	92	57	22	68	98	79	16	23	53	56	56	7	47
	22	21	13	16	10	52	57	71	40	49	95	25	55	36	95	57	25	25	77	5	38	5	62	57	77
	97	94	83	67	90	68	74	88	17	<u>22</u>	38	1	4	53	49	38	47	57	61	87	15	39	43	87	0
41	9	3	68	53	63	29	27	31	66	53	39	34	68	87	4	35	80	69	52	74	99	16	52	1	65
	29	95	61	42	65	5	72	27	27	<u>18</u>	9	85	24	59	46	3	91	55	38	62	51	71	47	37	38
	81	96	78	90	47	41	38	36	33	95	5	90	26	72	85	23	23	30	70	51	56	93	23	84	80
	44	52	20	81	21	57	57	85	0	47	26	10	87	22	45	72	3	51	75	23	38	36	56	77	97
	68	91	12	15	8	2	18	74	56	79	21	53	63	41	77	15	7	39	87	11	19	25	62	19	30
46	29	33	77	60	29	9	25	9	42	28	7	15	40	67	56	29	58	75	84	6	19	54	31	16	53
	54	13	39	19	29	64	97	73	71	61	78	3	24	2	93	86	69	76	74	28	8	98	84	8	23
	75	16	85	64	64	93	85	68	8	84	15	41	57	84	45	11	70	13	17	60	47	80	10	13	0
	36	47	17	8	78	3	92	85	18	42	95	48	27	37	99	98	81	94	44	72	5	95	42	31	17
50	29	61	8	21	91	23	76	72	84	98	26	23	66	54	86	88	95	14	82	57	17	99	16	28	99

Таблица взята из: Таблицы A-36 Natrella (3.1) с разрешения Rand Corporation "A Million Random Digits", The Free Press, 1955.

3.2. Отбор проб воздуха для определения концентрации загрязнений - индивидуальный, в зоне дыхания и воздуха рабочей зоны

Стандарты OSHA по охране труда обязывают работодателя проводить измерение воздействия на рабочего с помощью любой комбинации длительных или серии кратковременных замеров так, чтобы они отражали реальное воздействие на сотрудника. При проведении измерений воздух нужно отбирать в зоне дыхания (тот воздух, который ближе всего находится к органам дыхания). Существуют три основных способа отбора проб воздуха в производственных условиях:

- 1) Индивидуальный пробоотборник.** Измерительное устройство прикрепляется прямо к рабочему, и он носит его непрерывно в течение всего времени работы, и во время отдыха.
- 2) Измерение в зоне дыхания.** (Исследователь) держит пробоотборное устройство так, чтобы воздух всасывался из зоны дыхания рабочего.
- 3) Измерение загрязнённости воздуха рабочей зоны.** Измерительное устройство устанавливают в одном постоянном месте.

Законодательство (США) требует, чтобы при определении воздействия на рабочего, измерения проводились только индивидуальным пробоотборником, или в зоне дыхания. Если для определения воздействия на рабочего используется измерение загрязнённости воздуха в зоне дыхания, то нужно показать, что оно позволяет адекватно определить воздействие на рабочего. Обычно это требует подробного изучения выполнения работы (где и сколько времени находится сотрудник) - для каждого сотрудника каждые 3 месяца. Затем проводится сравнение с (результатами) измерений индивидуального пробоотборника или в зоне дыхания - чтобы показать, что они схожи. Обычно это трудно сделать. Эта тема более подробно обсуждается в [Техническом приложении С](#).

3.3. Стратегия измерения воздействий

Описанные в следующей главе процедуры принятия решения (выполняются ли или нарушаются требования законодательства), использующие результаты измерения воздействия, будут сильно зависеть от того, как проводились измерения (в отношении к тому, какое ограничение установлено - среднесменное или кратковременное), длительности проведения измерений и числа замеров. Ниже приводится терминология, используемая для описания разных видов измерений. Это графически показано на Фиг. 3.1. Слово "период" относится к тому интервалу времени, для которого определено ограничение (стандартом по охране труда). Для среднесменных ПДК это 8 часов, а для "кратковременных" ПДК это обычно относятся к периоду 15 минут. Измерение воздействия состоит из одного или нескольких отборов проб (индивидуальным пробоотборником или в зоне дыхания), которые проводятся в течение периода измерений.

3.3.1. Одно измерение в течение всего периода

Отбор проб проводится в течение всего периода времени, определённом в стандарте. Для стандарта, ограничивающего среднесменное воздействие, это будет 8 часов, а для ограничения кратковременного воздействия (*ceiling*) это будет 15 минут.

Пример:

На одежде рабочего закрепили персональный пробоотборный насос и устройство для улавливания респираторной пыли. Насос включили в начале смены в 8⁰⁰, и выключали во время обеденного перерыва с 11³⁰ до 12⁰⁰, а измерения прекратили в 16³⁰. Это - одиночный замер в течение всего периода, проводимый для определения (среднесменного) воздействия респираторной пыли в течение 8 часов.

3.3.2. Несколько последовательных измерений в течение всего периода

Проводится несколько последовательных отборов проб воздуха (равной или неодинаковой продолжительности), которые вместе охватывают весь период (8 часов для стандарта, ограничивающего среднесменное воздействие, и 15 минут - при ограничении кратковременного воздействия).

Фиг. 3.1. Схема, иллюстрирующая возможные способы измерения среднесменного 8-ми часового воздействия

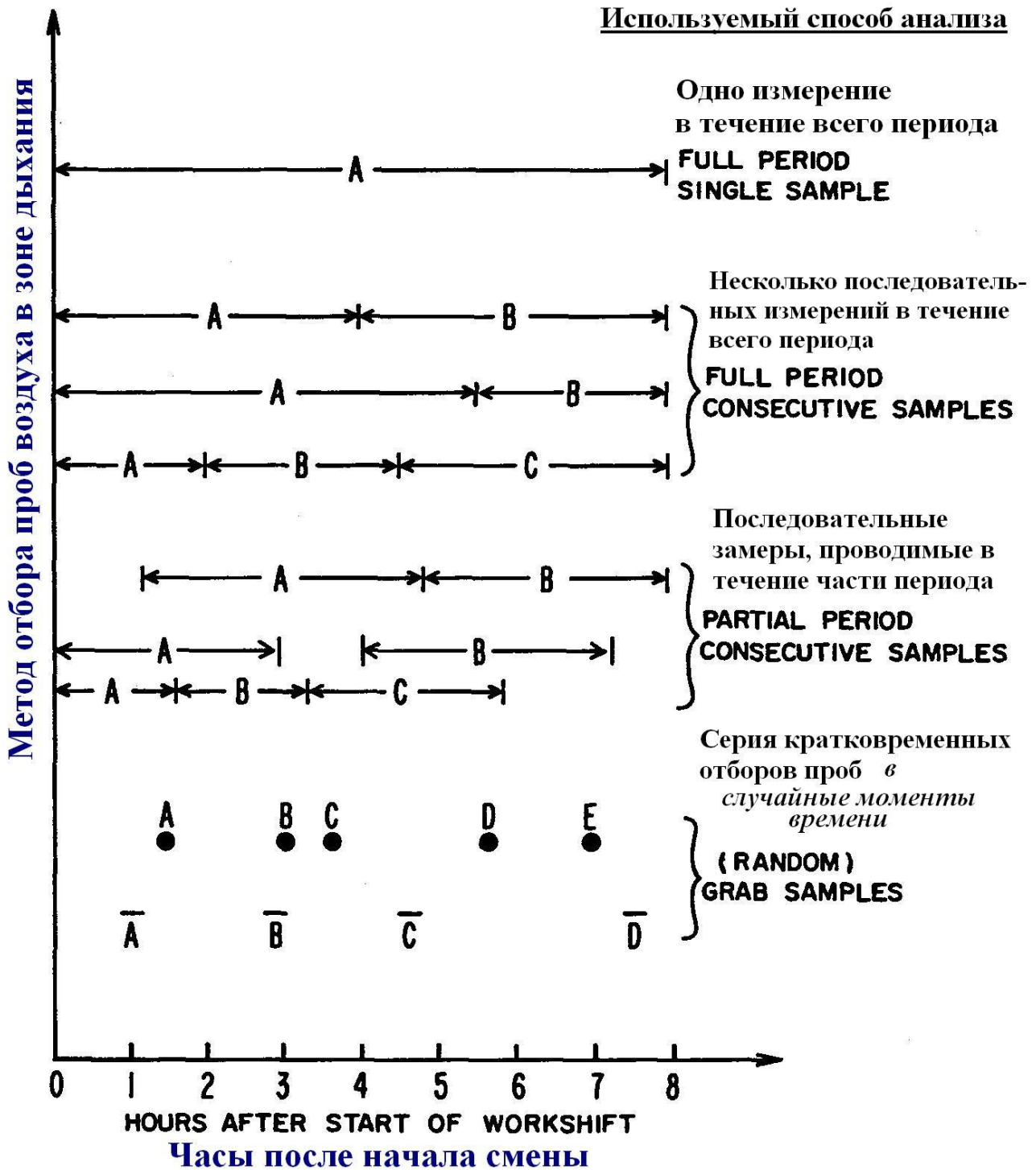


Figure 3.1. Reference chart of types of exposure measurements that could be taken for an 8-hour average exposure standard.

Пример:

Воздействие асбеста на рабочего проводилось с помощью индивидуального пробоотборника так:

№ замера	Интервал времени
1	7 ⁰⁰ -8 ⁰⁰
2	8 ⁰⁰ -9 ³⁰
3	9 ³⁰ -11 ⁰⁰
4	11 ⁰⁰ -13 ⁰⁰
5	13 ⁰⁰ -15 ³⁰

Это - последовательный отбор проб в течение всего периода, потому что он охватывал весь период времени, соответствующий стандарту (8 часов), и отбор проб проводился один за другим.

3.3.3. Последовательные замер(ы), проводимый(е) в течение части периода

Проводят один или несколько отборов проб так, что они вместе охватывают только часть периода, соответствующего стандарту. Для стандарта, ограничивающего среднесменное воздействие, это означает, что длительность замеров от 4 до < 8 часов. При проведении анализа несколько замеров, общая продолжительность которых меньше 4 часов, правильнее считать их серией кратковременных замеров (например - 8 замеров по 30 минут).

Пример:

Для определения воздействия свинца использовали индивидуальный пробоотборник. Насос включили в 9⁰⁰, и выключили в 15³⁰. Смена начиналась в 7⁰⁰. Обеденный перерыв был с 11³⁰ до 12⁰⁰. Этот способ - последовательный замер, проводимый в течение части периода, так как он охватил только часть (6 часов) периода, для которого стандарт устанавливает ограничение (8 часов)..

3.3.4. Серия кратковременных отборов проб (*grab samples measurement*)

В некоторых случаях технически невозможно провести отбор проб в течение всего периода, или так, чтобы общая продолжительность отбора проб была схожа с периодом (при использовании индикаторных трубок, или приборов, измеряющих концентрацию напрямую / *direct reading*). В этом случае проводят серию кратковременных измерений (каждый их замеров не больше 1 часа, а обычно - минуты или секунды). Эти замеры проводят в течение всего периода через случайные интервалы времени.

Пример:

Нужно определить воздействие фосгена с помощью индикаторных трубок. Замер с помощью трубки занимает 5 минут. Цель - сделать 10 замеров (из 96 возможных для 8-часового периода). Эти 10 пятиминутных отборов проб являются серией кратковременных замеров воздействия на рабочего в этот день. Для получения среднесменного воздействия на рабочего вычисляют среднее значение результатов серии из 10 измерений.

3.4. Измерение воздействия для стандарта, ограничивающего среднесменное воздействие за 8 часов

В этом разделе рассматриваются факторы, которые влияют на выбор стратегии измерения для определённого дня проведения измерений. Наилучшей стратегии для всех возможных случаев - не существует. Будут сравниваться возможные варианты проведения измерений. Учитывается:

- Доступность и стоимость измерительного пробоотборного оборудования (насосы, фильтры, индикаторные трубки, приборы для прямого измерения концентрации и др.).
- Доступность и стоимость проведения соответствующего анализа отобранных проб (фильтров, трубок с активированным углём и др.).
- Наличие и расходы на сотрудников, которые (будут) проводить измерения.
- Расположение рабочих и выполняемая работа.
- Изменчивость концентрации вредных веществ - в течение дня, и средних значений в разные дни.
- Точность методов отбора проб и их анализа.
- Количество замеров, которое нужно сделать для получения требуемой точности результата измерения.

Непостоянство производственного воздействия в течение дня, и в разные дни, обсуждалось в (3-2 и 3-3). Непостоянство воздействия у конкретной (технологической) операции предсказать практически невозможно. Единственно, что можно сказать "в общем" - что по результатам (3-2 и 3-3) геометрическое стандартное отклонение GSD для изменчивостей (в течение дня, и средних значений в разные дни) обычно находится в диапазоне 1.25÷2.5.

Точность отбора проб и их анализа обсуждается в техническом приложении D "Коэффициенты изменчивости и требования к точности к методам отбора проб и их анализа при их применении в промышленной гигиене". И здесь можно сделать "общее" замечание, что у большинства методов (отбора проб и их анализа) NIOSH коэффициенты изменчивости CV находятся в диапазоне 0.05÷0.1 (5-10%). Смотрите техническое приложение E "Влияние числа замеров на демонстрацию того, выполняются ли требования стандартов по охране труда".

С учётом общего непостоянства воздействия и точности методов отбора проб и их анализа, можно дать следующие общие рекомендации:

1) Измерение воздействия в течение всего периода - наилучший способ, который позволяет получить самые "узкие" доверительные пределы для результата измерений. Со статистической точки зрения лучше проводить серию отдельных замеров, охватывающих весь период, а не один длительный замер, охватывающий период. Но это приводит к очень значительному увеличению затрат (особенно - на анализ), а преимущества - невелики. То есть - при проведении нескольких коротких замеров выгода, статистическая значимость, по сравнению с значительным возрастанием расходов - невелика. Влияние увеличения числа замеров, охватывающих один период, показано в техническом приложении Е на Фиг. Е-1 и Е-3. Для современных доступных способов отбора проб и анализа, можно сказать, что два последовательных замера, охватывающих период (для среднесменного ограничения - два замера примерно по 4 часа) обычно обеспечивают достаточно хорошую точность, и рекомендуются как наилучший способ проведения измерений.

2) Следующим по "качеству" является одиночный замер, охватывающий весь период (один 8-часовой замер) - если имеется соответствующий способ анализа. В этом случае, один восьмичасовой замер так же хорош, как и два последовательных 4-часовых.

3) Последовательные замеры, охватывающие часть периода - следующий по "качеству" способ измерений. При его использовании главной проблемой является то, что нужно учитывать концентрацию загрязнений, которая была тогда, когда замер не проводился. Строго говоря, результаты измерений можно точно относить только к тем периодам времени, когда проводились измерения (например - для 6 часов из 8). Но для определения возможного воздействия в те периоды времени, когда измерения не проводились, может использоваться профессиональная оценка возможных воздействий. Для того, чтобы сделать такую оценку, нужно хорошо знать характер работы. В этом случае минимальная длительность измерений в должна быть 70-80% от всего периода.

При измерении воздействия работодателем, вероятно, будет достаточно предположить, что воздействие в те интервалы времени, когда измерения не проводились, соответствует среднему воздействию в те периоды, когда измерение проводилось. То есть, что воздействие в эти периоды было таким же, как при во время измерения. Но статистические методы, описанные в следующей главе, не вполне справедливы для этого случая. (Исследователь) может определить доверительные пределы для среднего воздействия за 6 часов, но их в общем-то нельзя сравнивать со среднесменной ПДК, так как (для того, чтобы это сравнение было правильным) поведение рабочего и условия работы в периоды времени, когда измерения не проводили, должны быть идентичны поведению и условиям в периоды, когда проводили измерения. Следует избегать измерения воздействия этим способом - насколько это возможно.

Если измерение воздействия проводит инспектор (OSHA), то лучше всего считать, что в те интервалы времени, когда измерения не проводили, воздействие было равно 0. В техническом приложении Е на Фиг. Е-5 показана низкая статистическая значимость результатов измерений таким способом. Влияние числа замеров и того, какую долю периода охватывают замеры, показано семейством из 4 кривых. У нижней кривой (замер в течение 8 часов) наименьший коэффициент изменчивости $CV=0.1$ (Фиг. Е-3). Проведение замеров в течение неполного периода времени - это компромисс между самым желательным замером в течение всей смены и самым нежелательным проведением серии кратковременных замеров. Если на Фиг. Е-4 (техническое приложение Е) взять $GSD=2.5$, то у графика на Фиг. Е-5 для длительности измерений 5.5 часов получатся примерно те же самые отношения X/STD (Измеренная концентрация / ПДК). Поэтому, если невозможно провести замер(ы) длительностью более 5.5 часов (для среднесменной 8-часовой ПДК), то лучше провести серию кратковременных замеров. Если в те периоды, когда измерения не проводились, предполагается отсутствие воздействия, то для анализа таких результатов можно рекомендовать (3-4).

4) Наименее желательный способ измерений среднесменного воздействия - серия кратковременных замеров. Эта нежелательность вызвана тем, что такой способ измерений даёт очень "широкие" границы доверительных пределов, и для того, чтобы показать, что воздействие не превысило ограничение (при использовании статистических методов, описанных в следующей главе), (среднее измеренное значение) должно быть очень низким. См Фиг. Е-2 в Техническом приложении Е "Влияние числа замеров на демонстрацию того, выполняются ли требования стандартов по охране труда". Фиг. Е-2 показывает, что при проведении серии кратковременных измерений оптимальное число замеров - от 8 до 11. Но это относится только к измерению среднесменного 8-часового воздействия, и в случае, когда характер

работы сотрудника и воздействие на него в течение смены относительно постоянны. Если сотрудник работает в нескольких местах, или выполняет разные виды работы (в течение одной смены), то нужно сделать не менее 8-11 замеров в течение каждого из периодов с предположительно отличающимся воздействием, которое вносит значительный вклад в среднесменное воздействие. Если специалист вынужден делать меньше 8-11 замеров в каждом месте / для каждого вида работы, то (желательно чтобы) число замеров в каждом месте / для каждого вида работы было примерно пропорционально количеству времени, проведённому сотрудником на этом месте / при выполнении этой работы. То есть - делайте больше замеров тогда, когда рабочим затрачивается больше времени.

Если проводится серия кратковременных замеров, то их длительность важна лишь в том отношении, что она должна обеспечивать улавливание достаточного количества вещества для последующего анализа. Серия кратковременных замеров (общей) длительностью 40 минут ненамного лучше, чем серия (из того же числа замеров) общей длительностью 10 минут. Это подробно рассмотрено в (3-4).

Последний вопрос - как проводить серию замеров во время периода воздействия? При определении доверительного уровня предполагается, что результаты измерений (*которые усредняются*) соответствуют логарифмически-нормальному распределению, и что они независимы. Выполнение этих (предположений) нетрудно обеспечить, если устранить погрешности, выбирая время проведения измерений в течение периода, соответствующего ПДК. Для этого желательно выбирать интервалы между замерах так, чтобы они были (статистически) случайными.

Если ограничение воздействия (*ПДК*) относится к среднему воздействию за период времени, который длиннее интервала отбора проб воздуха, то для (уменьшения) погрешности нужно делать замеры через случайные интервалы времени. Если известно, что колебания концентрации воздушных загрязнений носят случайный характер (относительно постоянного среднего значения), и что изменения происходят за интервалы времени, меньшие интервала проведения отбора проб, можно проводить отбор проб через одинаковые интервалы времени. Но если (технологический) цикл находится в фазе с интервалами замеров, то при отборе проб через одинаковые интервалы времени может появиться погрешность. А если проводить измерения через случайные интервалы (*в течение периода времени, для которого установлено ограничение - например, 8 часов*), то даже при циклическом производственном процессе (такой) погрешности не будет.

Слово "случайный" относится к способу выбора (времени) отбора проб. При случайном проведении измерений - вероятность проведения измерений в любой момент времени одинакова. На практике, случайным отбором проб является такой, при котором любой интервал в течение смены может стать интервалом проведения отбора проб с такой же вероятностью, как и любой другой интервал в течение смены.

В техническом приложении F "Выбор случайных интервалов времени в пределах 8-часовой смены" описан статистический метод выбора случайных интервалов проведения измерений.

3.5. Измерение воздействия для стандарта, ограничивающего кратковременное воздействие

Ситуация с измерениями, проводимыми для проверки выполнения требований, ограничивающих кратковременное воздействие (~15-минутное) схожа с проведением измерений при проверке выполнения требований к среднесменному (8-часовому) воздействию. Но нужно отметить два отличия.

Во-первых, отбор проб при кратковременных ограничениях лучше проводить не случайным образом. То есть, нужно использовать всю имеющуюся информацию (о рабочем месте, сотрудниках и технологическом процессе) для того, чтобы проводить измерения именно тогда, когда ожидается максимальная концентрация загрязнений.

Во-вторых, отбор проб при ограничении кратковременного воздействия обычно проводят за гораздо более короткий интервал времени, чем отбор проб при ограничении среднесменного воздействия (для определения среднесменной концентрации). Кратковременное ограничение воздействия может быть установлено четырьмя разными способами (29 CFR 1910.1000)

1) Стандарт по охране труда 29 CFR 1910.1000 (a)(1) для таблицы Z-1:

Период времени не определён. "Ни в какой из моментов времени воздействие на сотрудника ... не должно превышать ограничение ..."

2) Стандарт по охране труда 29 CFR 1910.1000 (b)(2) для таблицы Z-2:

Период времени не установлен, но допускаются превышения установленного ограничения воздействия, если эти превышения очень кратковременные ("пики"). "В течение (всей) 8-часовой смены воздействие на сотрудника не должно превышать установленное (кратковременное) ограничение ... за исключением максимальных пиковых значений"

3) Стандарт по охране труда 29 CFR 1910.1000 (b)(2) для таблицы Z-2:

Для ограничения кратковременного воздействия использованы короткие периоды времени - от 5 до 30 минут. Это - максимальные периоды времени, в течение которых концентрация загрязнений может достигать установленного (кратковременного) ограничения. При этом, в пределах такого короткого интервала времени, концентрация загрязнений может кратковременно превышать установленное максимальное значение " ... приемлемое максимальное "пиковое" значение концентрации ... может быть выше установленного максимального ограничения ... в течение 8-часовой смены".

4) В рамках проводимой NIOSH/OSHA программы разработки стандартов все кратковременные ограничения воздействия (таблица Z-1 в 29 CFR 1910.1000) относятся к периоду 15 минут: "... средняя концентрация загрязнений в течение периода 15 минут не должна превышать установленное максимальное значение ... в течение 8-часовой смены".

Измерения воздействия, когда ограничено кратковременное воздействие, должны проводиться в тогда, когда ожидается максимальная концентрация воздушных загрязнений. Каждый замер должен включать отбор проб воздуха в течение 15 минут (или серию последовательных отборов проб общей длительностью 15 минут) в зоне дыхания сотрудника. В течение одной смены нужно сделать минимум три таких замера (вычисляется как среднее арифметическое для одного 15-минутного периода), и наибольшее из них является наилучшей оценкой максимального воздействия на сотрудника в течение смены.

Выполнение 3 замеров в течение смены легко может привести к большим ошибкам и погрешностям. Но в большинстве случаев для статистической проверки выполнения требований используется только наибольшее значение (при проведении одного отбора проб в течение всего периода, см. Главу 4, раздел 4.2.1). Если измерения проводятся для сравнения с установленным ограничением "максимального пикового значения" (29 CFR 1910.1000 таблица Z-2), то отбор проб должен проводиться в течение максимальной длительности периода, для которого установлено ограничение. Таким образом, при использовании индикаторных трубок, может потребоваться сделать несколько последовательных отборов проб (отдельными трубками), и усреднить результаты. В этом случае для анализа результатов измерений используется описанная в разделе 4.2.2. процедура анализа серии последовательных замеров в течение всего периода. В разделе 4.3 обсуждается классификация воздействий в случаях, когда ограничивается кратковременное воздействие.

Хотя отбор проб для проверки выполнения требований при ограничении кратковременного воздействия лучше проводить не случайным образом, могут быть случаи, когда в течение смены (технологический) процесс выглядит стабильным. Тогда выбор количества (интервалов проведения) измерений может основываться на том, чтобы хотя бы одно из измерений охватило желаемую долю (например - наибольшие 10%, или наибольшие 15%) максимальных воздействий. Для этого можно использовать способ, описанный в разделе 3.1.2 и в техническом приложении А.

Например, если установлено ограничение максимального воздействия для периода 15 минут, то в течение 8-часовой смены есть 32 взаимно не-перекрывающихся периода длиной 15 минут. То есть, при использовании технического приложения А (N=32) получим:

Минимум один замер из числа	Вероятность	Число периодов
20% максимальных	0,90	9
20% максимальных	0,95	11
10% максимальных	0,90	16
10% максимальных	0,95	19

Если ограничение установлено для периода 10 минут, то существует 48 возможных интервалов времени для проведения измерений:

Минимум один замер из числа	Вероятность	Число периодов
20% максимальных	0,90	9
20% максимальных	0,95	12
10% максимальных	0,90	17
10% максимальных	0,95	21

Отбор проб может проводиться в течение очень небольшого интервала времени - например, в течение 3 минут с помощью индикаторной трубки или при помощи прибора, измеряющего концентрацию напрямую (*direct-reading meter*). Тогда необходимое число измерений можно определить с помощью уравнения 5 (в техническом приложении А), и для периода 5 минут получим:

Минимум один замер из числа	Вероятность	Число периодов
20% максимальных	0,90	10
20% максимальных	0,95	13
10% максимальных	0,90	22
10% максимальных	0,95	28

После выбора подходящего количества замеров, нужно выбрать конкретное время их проведения. Для этого для серии кратковременных измерений используют способ, описанный в разделе 3.4.4, и в техническом приложении F. Для обработки результатов измерений может оказаться полезно нанесение их на график с логарифмически-нормальной вероятностной системой координат (техническое приложение I). Это позволит правильно определить реальное распределение воздействий *в зависимости от их "доли" времени в течение смены* (*This will give a fair idea of the actual exposure distribution by percentages of time during the work shift*).

3.6. Запись результатов измерения воздействия

Согласно требованиям стандартов по охране труда, разработанных OSHA, работодатель обязан хранить записи обо всех измерениях, проводившихся для определения воздействия на сотрудника того вредного вещества, работу с которым регулирует конкретный стандарт. Такие записи должны включать, как минимум:

- Дата проведения измерения.
- Работа, выполняемая при определении воздействия определённого вещества.
- Используемые методы отбора проб и их анализа, и свидетельства их точности, включая: метод, результаты и дату калибровки измерительного оборудования.
- Количество измерений, их длительность и результаты.
- ФИО, номер страхового полиса и воздействие на рабочих, у которых оно измерялось.

Записи должны храниться до тех пор, пока они не будут заменены более новыми, но не менее 1 года. При воздействии некоторых веществ минимальный срок хранения записей - больше.

На Фиг. 3.2 показан бланк для записи о измерении воздействия на сотрудника, который содержит (поля) для записи требуемой информации, которая должна записываться при каждом измерении. На обороте можно записывать среднее воздействие на сотрудника (вычисленное) - для удобства.

Если калибровка расходомера пробоотборного насоса проводилась при температуре, отличающейся от температуры в месте проведения измерений на 14-17°C, и при высоте над уровнем моря, отличающейся на 1 км, то нужно использовать поправочные коэффициенты для расходомера. Определение поправок описано в техническом приложении G. При использовании поршневых насосов (*positive displacement pump*) - внесение поправок не требуется. В этом же приложении приводится способ (вычисления) и номограмма для преобразования концентраций (массовых, мг/м³) в объёмные (ppm) для сравнения с ограничениями, установленными в федеральных стандартах. Это требуется делать вне зависимости от способа отбора проб.

Запись об измерении воздействия на рабочего

Участок _____ Цех _____
Отбор проб проводил _____ Дата _____
Температура _____ Высота над уровнем моря _____
Замер № _____ ФИО сотрудника _____ Номер страхового полиса _____
Выполняемая операция _____
Тип замера Персональный _____ В зоне дыхания _____ Воздуха рабочей зоны _____
Условия работы и технические средства снижения загрязнённости воздуха _____

Время начала замера _____ Время окончания замера _____
Длительность замера (мин) _____ Показания расходомера _____ Объём _____
Место выполнения калибровки _____ Калибровка проводилась _____ Дата _____
Способ отбора проб и анализа _____
Свидетельства точности _____
Замечания, возможные предпринятые действия и т. п. _____
Результаты анализа отобранных проб или считывания показаний приборов _____
Воздействие на рабочего (укажите - за 15 минут или за 8 часов), и число замеров, сделанных для его определения _____

Показателями точности способа отбора проб и их анализа могут быть:

- 1) Разработка процедуры калибровки измерительного оборудования в производственных условиях.
- 2) Сведения о том, что анализ отобранных проб проводился в лаборатории, которая участвует в какой-то программе контроля качества (в области промышленной гигиены) - например, проводимой АИНА.
- 3) (Информация о том, что) использовались индикаторные трубки, сертифицированные NIOSH (согласно требованиям стандарта **42 CFR Part 84** – *может быть, это опечатка оригинала*).
- 4) Ссылка на сведения о точности, опубликованные изготовителем (измерительного оборудования).
- 5) Ссылка на заявление аналитической лаборатории, где утверждается, что точность проведения анализа в их лаборатории соответствует требованиям стандарта.

То есть - необходимость указать сведения о точности не означает, что работодатель должен самостоятельно проводить испытания сертифицированного оборудования, или проверку точности лабораторных методов анализа. В техническом приложении D приводятся коэффициенты изменчивости и требования к точности к отбору проб и их анализу.

Помните, что если используется какой-то иной способ отбора проб, отличающийся от однократного отбора проб в течение всего периода, то для вычисления среднего воздействия нужно использовать метод вычисления средневзвешенных по времени средних концентраций, описанный в техническом приложении H.

Наконец, может оказаться очень полезным построения графика с результатами измерений (серии кратковременных замеров, или средних значений воздействий на отдельных сотрудников в группе). Это описано (с примерами) в техническом приложении I "Логарифмически-нормальные графики результатов измерения воздействий и средних воздействий". Нанесение результатов измерений на график в логарифмически-вероятностной системе координат позволяет легко определить, какая доля результатов превышает определённые значения. Можно построить линию линейной интерполяции на этом же графике.

Для представления и анализа средних за день воздействий на рабочего можно также построить график, показывающий средние измеренные значения как функцию времени. В (3-3) обсуждается сходство программы мониторинга воздействия на рабочего и программами контроля качества. Для тех, кого интересует применение программы контроля качества для программы мониторинга воздействия на рабочих, можно порекомендовать работу (3-5); приветствуется проведение исследований в этой области.

3.7 Интервал между днями проведения измерений

Стандарты по охране труда при работе с вредными веществами, разработанные OSHA, требуют:

- 1) Если воздействие на рабочего равно или превышает уровень реагирования, но ниже ПДК, то оно должно измеряться не реже 1 раза в 2 месяца.
- 2) Если воздействие на рабочего превышает ПДК, то работодатель обязан измерять его не реже 1 раза в месяц до тех пор, пока оно не станет ниже ПДК.

Написанное выше является минимальными требованиями действующего законодательства. Профессиональная оценка конкретных условий может показать, что требуется более частое проведение измерений.

3.8. Прекращение измерений воздействия

В тех случаях, когда результаты двух последовательных измерений воздействия на конкретного рабочего, проведённых с интервалом (не меньше) недели показали, что воздействие меньше уровня реагирования, стандарты по охране труда разрешают прекратить измерение воздействий на него.

3.9. Стратегия проведения измерений для рабочих, которые подвергаются редкому воздействию опасных веществ.

Глава 2 этого руководства и предыдущие разделы были написаны для случаев, когда происходит обычное загрязнение воздуха при обычном выполнении работы, например - ежедневно. Но рабочие некоторых специальностей редко работают с токсичными веществами, например - раз в месяц. Это может быть в лаборатории, при выполнении техобслуживания оборудования и т. д. При выполнении подобной работы концентрация загрязнений может быть выше, чем при выполнении обычной работы.

Подход к измерению воздействия в стандартах OSHA (таблица 1.1 в разделе 1.4 и глава 2) применим и для такого режима работы. Если работодатель учитывает все факторы, которые требует учитывать стандарт по охране труда, и определит, что не должно произойти значительное воздействие, то проводить измерения воздействия не нужно. В соответствующих стандартах для конкретных вредных веществ это описано более подробно (29 CFR 1910.1000 Подчасть Z). При определении необходимости проведения воздействия на рабочих, которые подвергаются ему нечасто, очень важно учитывать физиологический риск воздействия вредного вещества, его токсичность. При проведении измерений приоритет нужно отдавать тем веществам, кратковременное воздействие которых (секунды - часы) может привести к острому отравлению. При проведении не регулярных, редких работ при их воздействии нужно следить за их воздействием более внимательно. В стандартах OSHA есть информационные приложения, в которых приводятся медицинские сведения об опасности соответствующих вредных веществ и их токсичности - и при кратковременном, и при длительно воздействии. В общем, за теми веществами, у которых установлены ПДК для кратковременного воздействия, нужно следить более внимательно.

Для редко проводимых работ можно применять разделы 3.1-3.6 напрямую. При необходимости проводить измерение воздействия при проведении таких работ, нужно связаться с OSHA для получения совета о проведении регулярного измерения воздействия (раздел 3.7). Требование проводить регулярные измерения воздействия были разработаны главным образом для обнаружения опасных изменений воздействия на рабочих, выполняющих работу в загрязнённой атмосфере регулярно. Поэтому на вопрос - как часто нужно проводить измерения при проведении не-регулярных, редких работ, лучше всего отвечать с (учётом мнения профессионалов), и приняв во внимание указанные выше обстоятельства.

ССЫЛКИ

- 3-1. Natrella MG:** Experimental Statistics. National Bureau of Standards Handbook 91. Governmental Printing Office, Washington, DC 20402, 1963.
- 3-2. Ayer HE and J Burg:** Time-Weighted Averages vs. Maximum Personal Sample. Paper presented at the 1973 American industrial Hygiene Conference in Boston, Mass.
- 3-3. Leidel NA, KA Busch and WE Crouse:** Exposure Measurement Action Level and Occupational Environmental Variability. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. (NIOSH) 76-131, Cincinnati, Ohio 45226, December 1975.
- 3-4. Leidel NA and Busch KA:** Statistical Methods for the determination of Noncompliance with Occupational Health Standards. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. (NIOSH) 76-159, Cincinnati, Ohio 45226, April 1975.
- 3-5. Morrison J.** The Lognormal Distribution in Quality Control. Applied Statistics 7(3):160-172, 1958.

Рекомендуемая литература к Главе 3

- American Conference** of Governmental Industrial Hygienists: Air Sampling Instruments. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, PO Box 1937, Cincinnati, Ohio 45201.
- Linch AL:** Evaluation of Ambient Air Quality by Personnel Monitoring. CRC Press, Inc., 18901 Cranwood Parkway, Cleveland, Ohio 44128.

Глава 4. Статистический анализ

результатов измерений воздействий

В главе 3 обсуждается, как нужно проводить отбор проб и их химический анализ для определения воздействия на сотрудника, и как делать записи об результатах измерений. А в этой главе подробно описывается применение стандартных статистических методов для обработки результатов этих измерений - для получения ответы на вопросы:

- Не превышает ли среднее воздействие на рабочего в день проведения измерений установленные ограничения (за 8 часов, или кратковременные) ?
- Каково (среднее) долговременное воздействие на сотрудника - по результатам измерений средних за день воздействий ?
- Какое ожидаемое число дней (доля от всех рабочих дней), в течение которых воздействие на сотрудника может превысить установленные ограничения (на основе измерений средних за день воздействий) ?
- Требуется ли применение технических средств снижения загрязнённости воздуха для предотвращения чрезмерного воздействия ?

4.1. Пределы доверительных интервалов

Процесс принятия решения, основанный на статистической теории проверки гипотез, тесно связан с использованием доверительных интервалов (то есть, вычислением доверительных интервалов, которые - как ожидается - должны содержать значение реального, истинного среднего воздействия). Этот вопрос более подробно обсуждается в статистической литературе. В (4-1) обсуждается применение доверительных интервалов при производственных измерениях воздействий.

Вкратце, при проведении отбора проб, их анализе и вычислении среднего воздействия редко бывает, что вычисленное значение точно соответствует реальному среднему воздействию. Отличие возникает из-за случайных ошибок при отборе проб (и их анализе), и случайных изменений концентрации воздушных загрязнений в течение смены. Поэтому результаты измерений называют **оценкой** среднего воздействия (или оценкой истинного среднего воздействия). Статистические методы позволяют вычислять доверительные интервалы этой оценки так, что получаются оба предела (границы) доверительного интервала, который содержит значение истинного среднего воздействия с заданной вероятностью (уровнем доверия). Обычно это 95%. Граница интервала, большая по численному значению, обычно называется верхним пределом (UCL, Upper Confidence Limit), а меньшая - нижним пределом (LCL, Lower Confidence Limit). При большом числе замеров, истинное среднее значение воздействия будет находиться в 19 из 20 доверительных интервалов (между верхним и нижним пределами).

Мы можем вычислять или двусторонние, или односторонние доверительные интервалы. В двусторонних интервалах есть две границы, внутри которых находится истинное значение с заданным уровнем доверия. У односторонних интервалов есть только верхний (или нижний) предел, которые ограничивают истинное среднее воздействие, а другого предела нет. Во всех процедурах в этом руководстве используются только односторонние доверительные интервалы (с верхним или с нижним пределом, UCL или LCL). Они выбраны так, чтобы получить 95% уровень доверия. LCL (нижний предел) должен использоваться инспектором (по охране труда), так как он (правительство) должно доказать, что происходит нарушение требований. А работодатель должен более правильно использовать UCL (верхний предел) для того, чтобы обеспечить, что уровень воздействия на рабочих - безопасен.

На Фиг. 4.1 показаны графически верхний и нижний пределы доверительных интервалов. Практически, односторонний доверительный интервал с нижним пределом (LCL) с 95% уровнем доверия - это такой интервал, в который с вероятностью 95% содержатся истинные средние значения воздействия, которые больше нижнего предела (LCL) (на рисунке стрелка показывает вверх). Наоборот, односторонний доверительный интервал с верхним пределом (UCL) с 95% уровнем доверия - это интервал, в который с вероятностью 95% попадает истинное значение среднего воздействия, которое меньше верхнего предела (UCL) (на рисунке стрелка показывает вниз).

В техническом приложении J "Доверительные пределы и уровни доверия, и их влияние рабочего и на риск рабочего" обсуждается выбор других уровней доверия - например 90 или 99%.

Фиг. 4.1. Примеры односторонних верхних (UCL) и нижних (LCL) доверительных пределов.

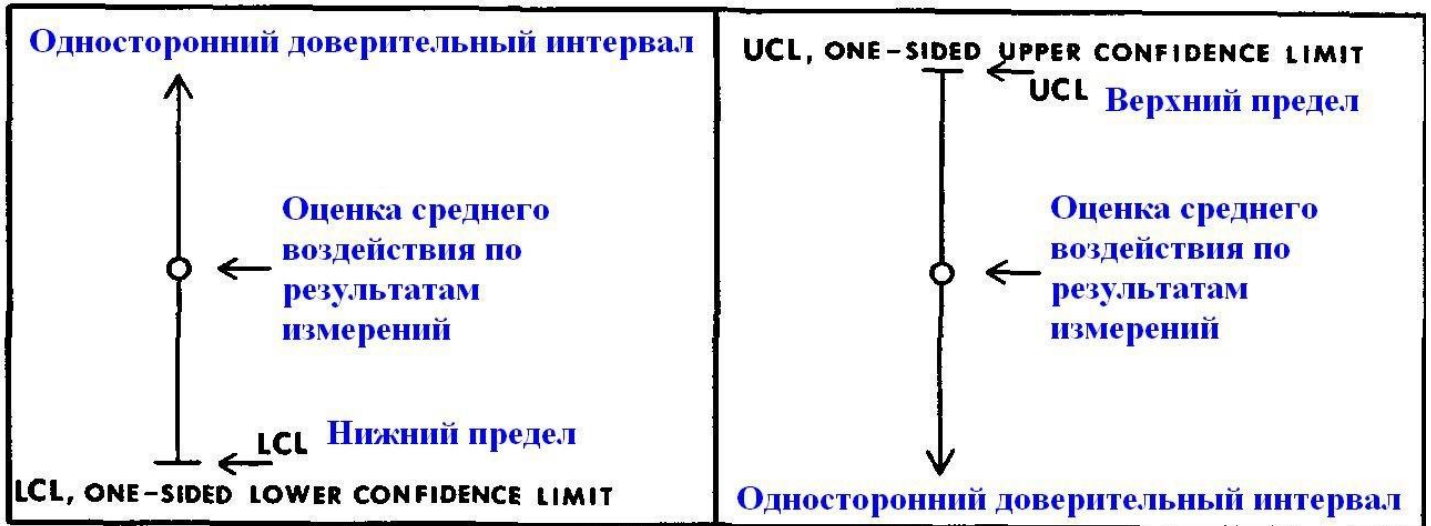


Figure 4.1. Example of one-sided LCL and UCL.

Фиг. 4.2. Классификация воздействий в соответствии с односторонними доверительными пределами

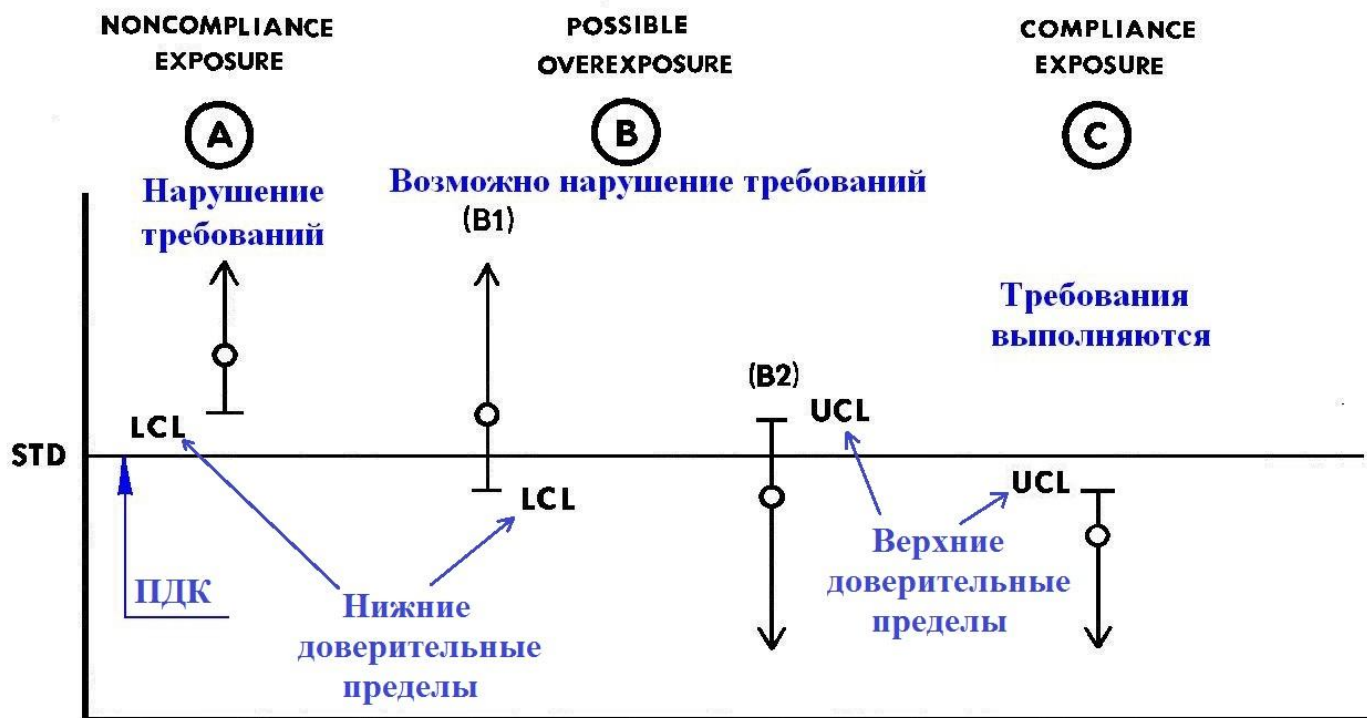


Figure 4.2. Classification according to one-sided confidence limits.

Односторонний доверительный интервал (с верхним или нижним пределом) можно использовать для классификации средних воздействий на три возможные категории. Использование LCL (нижнего предела) инспектором позволит определить - имеется ли нарушение, или имеется ли возможное нарушение. А использование UCL (верхнего предела) позволит определить - отсутствуют ли нарушения, или имеется ли возможное нарушение. На Фиг. 4.2 показана классификация (три возможных результата) в соответствии со стандартом. (Фиг. 4.2. графически иллюстрирует содержание таблицы 4.1). Круглый маркер на каждой из вертикальных линий соответствует среднему значению оценки воздействия, вычисленному по результатам измерений.

Определение "рабочий, подвергающийся воздействию" нужно объяснить подробнее. Случай В1 соответствует рабочему, у которого средняя оценка воздействия в день проведения измерений превысила установленное стандартом ограничение (с точки здравого смысла - чрезмерное воздействие). Но нижний предел (LCL) не превысил ограничение (ПДК), и статистически-правильное заключение о

превышении сделать нельзя, так как возможно, что реальное среднее воздействие было ниже установленного ограничения - в области, ниже LCL. То есть - может быть, что чрезмерного воздействия не было. Наоборот, случай B2 соответствует рабочему, у которого средняя оценка воздействия (измеренная и вычисленная) - меньше ограничения (с точки зрения здравого смысла - нет чрезмерного воздействия). Но значение верхнего предела UCL - не ниже ограничения (ПДК), и это не позволяет сделать статистически обоснованное заключение о соответствии требованиям, так как возможно, что реальное среднее воздействие на самом деле оказалось выше установленного ограничения (то есть - оно было выше ограничения, но ниже UCL).

В таблице 4.1 показано, как классифицируется воздействие на сотрудников.

Таблица 4.1. Классификация возможных случаев воздействия на сотрудников

Классификация	Определение	Статистический критерий
A. Нарушение требований - чрезмерное воздействие.	С вероятностью (уровнем доверия) 95%, на основании измерений, воздействие на рабочего превышает установленное ограничение.	$LCL(95\%) > STD$ $STD = ПДК$
B. Возможное чрезмерное воздействие (возможное нарушение)	Любой рабочий, который не может быть отнесён к категории А или С	
C. Выполнение требований	С вероятностью (уровнем доверия) 95%, на основании измерений, воздействие на рабочего не превышает установленное ограничение.	$UCL(95\%) \leq STD$ $STD = ПДК$

4.2. Классификация воздействий для стандарта, ограничивающего среднесменное воздействие за 8-часовую смену

Приведённые ниже процедуры относятся к случаю, когда ограничивается среднее воздействие за 8 часов (29 CFR 1910 подчасть Z). Авторы не знают, какую политику проводит OSHA при регулировании воздействия при работе больше 8 часов в день. В таких случаях работодатель может захотеть самостоятельно установить ограничения; а в (4-2) приводятся указания для случаев работы больше 8 часов.

4.2.1. Один замер в течение всей смены

В разделах 3.3.1 и 3.4 приводится определение и (описано) применение такого способа измерений.

Проведение измерений

(1) Определите (измерьте) значение (X) воздействия для всего периода измерений; и получите значения коэффициента изменчивости для метода отбора проб и их анализа (CV_t), которые использовались при проведении измерений X. Значения CV_t можно взять в техническом приложении D - "Коэффициенты изменчивости и требования к точности к методам отбора проб и их анализа при их применении в промышленной гигиене", и с помощью анализа.

(1) (Пример)

Для определения концентрации альфа-хлорацетофенона использовали персональный пробоотборный насос и трубку с активированным углём. Расход воздуха 100 мл/мин, длительность замера - 8 часов. Аналитическая лаборатория сообщила, что коэффициент изменчивости CV_t = 0.09 для этого использованного метода, а результат измерений - 0.04 ppm. Ограничение STD = 0.05 ppm. Таким образом X = 0.04 ppm.

(2) Делим X на значение ограничения STD для получения стандартизированной (относительной) концентрации x, то есть: $x = X/STD$.

Такое деление позволяет получить значение концентрации, которое не зависит от численного ограничения стандарта для конкретного изучаемого вредного вещества, и это упрощает дальнейшие вычисления. Все значения x могут сравниваться со значением ограничения (= 1) на одной и той же шкале. Значение ограничения (ПДК) после преобразования всегда будет равно 1.

(2) (Пример)

$x = 0.04 \text{ ppm} / 0.05 \text{ ppm} = 0.8$

(3) Вычислим верхний или нижний доверительные пределы (UCL или LCL)¹¹:

(3)(a) Проверка инспектором нарушения требований. Вычисляем

$$LCL(95\%) = x - (1.645) * (CVt)$$

(3)(b) Проверка работодателем выполнения требований. Вычисляем

$$UCL(95\%) = x + (1.645) * (CVt)$$

(3) (Пример)

$$(3)(a) LCL=0.8 - 1.645(0.09) = 0.65$$

Замечание: Значение LCL вычислять не нужно, так как само значение x меньше 1.

$$(3)(b) UCL(95\%) = 0.8 + (1.645)*(0.09) = 0.95$$

(4) Классификация результатов измерений в соответствии с системой классификации

(4)(a) Проверка выполнения требований инспектором:

- Если LCL (нижний предел) >1, то имеется нарушение требований.

- Если $x > 1$ и $LCL \leq 1$ - возможное чрезмерное воздействие.

- Если $x \leq 1$, то статистическая проверка для определения нарушения не проводится (*нет нарушений*)

(4)(b) Проверка работодателем выполнения требований:

- Если $UCL \leq 1$, то требования выполняются.

- Если $UCL > 1$, то возможно чрезмерное воздействие.

- Если $x > 1$, то статистическая проверка не проводится (*есть нарушение*).

(4) (Пример)

(4)(a) Так как $x=0.8 < 1$, то инспектору не нужно проводить статистические вычисления (*нет нарушений*).

(4)(b) Так как 0.95 меньше 1, то работодатель может заявить, что с уровнем доверия 95% воздействие на сотрудника не превышает установленное ограничение (ПДК).

4.2.2. Проведение серии последовательных измерений в течение всего периода, и в течение части периода

В разделах 3.3.2. 3.3.3. и 3.4 приводятся определения и (описано) применение таких способов измерений.

При проведении последовательных измерений в течение всего периода (например, при ограничении среднесменной ПДК - в течение 8 часов), в разделе 4.2.2.1 предполагается, что во всех интервалах проведения измерений - одинаковая реальная средняя концентрация. Если мы ожидаем, что результаты измерений будут значительно отличаться из-за воздействия в (значительно) отличающихся условиях в течение смены, то можно использовать консервативную процедуру (раздел 4.2.2.2). Если воздействие очень непостоянно, и сильно изменяется в течение дня (в разные интервалы проведения отбора проб), то использование (процедуры) 4.2.2.1 занизит значение случайной погрешности измерений среднего по времени воздействия, а это увеличит вероятность принятия решения о нарушении требований (при проверке инспектором), или увеличит вероятность принятия решения о выполнении требований (при проверке воздействия работодателем). Процедура в разделе 4.2.2.1 является точной ($\alpha=0.05$) в случае, когда воздействие в течение смены однородно. Процедура для неоднородного воздействия в течение смены, описанная в разделе 4.2.2.2 - приближённая, и обычно даёт уровень доверия больше 95%. Вероятность α сделать ошибку первого рода используя процедуру из

¹¹ Использование CVt в формуле для пределов доверительного интервала эквивалентно вычислению стандартного отклонения X (концентрации) как (CVt)*(STD) вместо (CVt)*(μ). При $\mu > STD$ вычисленный LCL для μ/STD (истинная относительная концентрация) немного больше, чем точный (правильный) нижний предел LCL, так как мы занижаем стандартное отклонение. Тем не менее, использование LCL так, как он вычислен в (3)(a) для принятия решения о отсутствии нарушения требований - корректно, поскольку выбранное правило принятия решений алгебраически эквивалентно проверке значимости при нулевой гипотезе "Требования выполняются". Логическое обоснование проверки значимости:

- Вычисляется верхний предел доверительного интервала для результатов измерений концентрации за весь период (X) при нулевой гипотезе, что реальная среднесменная концентрация соответствует стандарту (равна ПДК).

- Затем, если полученные результаты измерений превышают верхний доверительный предел, нулевая гипотеза отвергается, и делается вывод о нарушении требований.

Поскольку для получения верхнего доверительного предела требуется добавить к STD такие же допуски для погрешности измерения, какие нужно вычитать из X для получения LCL для реальной среднесменной 8-часовой концентрации, то эти два критерия - алгебраически идентичны. При принятии решения использование LCL предпочтительнее, так это даёт более консервативную, меньшую величину.

раздела 4.2.2.2 будет меньше, чем 0.05, и (как описано в техническом приложении J) - статистическая значимость (*power / мощность критерия*) тоже снизится.

В общем, в ситуациях, когда воздействие очень непостоянно, использование более простой процедуры из раздела 4.2.2.1 может снизить погрешность (измерения) среднего по времени воздействия. Но использование приблизительной процедуры из раздела 4.2.2.2 обычно завышает эту погрешность. При её (4.2.2.2) использовании LCL будут ниже, чем при использовании 4.2.2.1, а при вычислении UCL согласно 4.2.2.2 они будут больше, чем при вычислении согласно 4.2.2.1.

Если измерения проводятся в течение только части периода (для среднесменных ПДК - меньше, чем 8 часов), то работодатель вычисляет верхний предел воздействия UCL для средней (измеренной) концентрации (для интервала, в течение которого проводились измерения), используя процедуры из разделов 4.2.2.1 или 4.2.2.2. Затем он сравнивает UCL с ограничением для среднесменного (8-часового) воздействия. Это можно сделать, если предположить, что в течение той доли периода, когда измерения не проводились, воздействие было таким же, как и в течение интервала(лов), когда измерения проводились. Но при использовании инспектором более консервативной процедуры, (следует) предполагать, что в течение той доли периода, когда измерений не проводились, воздействие было равно нулю. Это обсуждается в разделе 3.4. Процедура, описанная в разделе 4.2.2.3, предназначена исключительно для инспекторов.

4.2.2.1. Однородное воздействие в течение всего периода

Стандартная процедура

(1) Определим значения воздействий X_1, X_2, \dots, X_n при проведении серии из n последовательных замеров длительностью T_1, T_2, \dots, T_n соответственно. Также получим CVt коэффициент изменчивости отбора проб и их анализа (вместе - общий коэффициент), как указано в 4.2.1 (шаг 1).

(1) (Пример)

Для определения однородного воздействия изоамилового спирта на сотрудника использовали персональный пробоотборный насос (расход воздуха 50 мл/мин) и три трубки с активированным углём, измерения проводили последовательно. Согласно приложению D для такого способа измерения CVt = 0.08. Значение среднесменной ПДК (8 часов) TWA STD = 100 ppm. Проводившая анализ лаборатория сообщила, что для трёх трубок:

$X_1=90$ ppm, $X_2=140$ ppm, $X_3=110$ ppm
 $T_1=150$ минут $T_2=100$ мин $T_3=230$ мин.

(2) Вычислите средневзвешенное по времени воздействие согласно техническому прилож. Н (часть А).

(2) (Пример)

$TWA = 1/480 * \{ (150 \text{ мин}) * (90 \text{ ppm}) + (100 \text{ мин}) * (140 \text{ ppm}) + (230 \text{ мин}) * (110 \text{ ppm}) \} = 110 \text{ ppm}$.

(3) Разделите средневзвешенное воздействие TWA на ограничение стандарта (STD = ПДК) для получения стандартизированной средней оценки (TWA/STD).

(3) (Пример)

$(TWA/STD) = 110 \text{ ppm} / 100 \text{ ppm} = 1.1$

(4) Вычислите LCL или UCL следующим образом:

(4)(a) Проверка инспектором наличия нарушений. Вычисляем
 $LCL(95\%) = (TWA/STD) - [1.645 * (CVt) * \sqrt{\{T_1^2 + T_2^2 + \dots + T_n^2\}}] / (T_1 + T_2 + \dots + T_n)$

(4)(b) Проверка работодателем отсутствия нарушений. Вычисляем:
 $UCL(95\%) = (TWA/STD) + [1.645 * (CVt) * \sqrt{\{T_1^2 + T_2^2 + \dots + T_n^2\}}] / (T_1 + T_2 + \dots + T_n)$

Замечание: если отдельные интервалы измерений примерно одинаковой продолжительности, то для вычислений можно использовать более простые уравнения:

$LCL(95\%) = (TWA/STD) - [1.645 * (CVt) *] / \sqrt{(n)}$

$UCL(95\%) = (TWA/STD) + [1.645 * (CVt) *] / \sqrt{(n)}$

(4) (Пример)

(4)(a) $LCL(95\%) = 1.1 - [(1.645 * 0.08 * \sqrt{(150^2 + 100^2 + 230^2)}] / (150 + 100 + 230) = 1.1 - 0.08 = 1.02$

(4)(b) Так как TWA/STD > 1, то (статистическая) проверка не нужна. Для примера, если вычислить UCL, получим $UCL(95\%) = 1.1 + 0.08 = 1.18$.

(5) Классификация средневзвешенных по времени воздействий согласно системе классификации

(5)(a) Проверка нарушения требований инспектором:

- Если $LCL > 1$, есть нарушения требований.
- Если $(TWA/STD) > 1$ и $LCL \leq 1$, то возможно чрезмерное воздействие.
- Если $(TWA/STD) \leq 1$, то статистическая проверка не проводится (*нарушений нет*).

(5)(b) Проверка работодателем выполнения требований

- Если $UCL \leq 1$, нет нарушения требований.
- Если $UCL > 1$, то возможно чрезмерное воздействие.
- Если $(TWA/STD) > 1$, то статистическая проверка не проводится (*есть нарушение*).

(5) (Пример)

(5)(a) Поскольку 1.02 превышает 1, то такое воздействие с уровнем доверия 95% является нарушением требований (при использовании аналитического метода с $CVt=0.08$). Результаты измерений показывают, что воздействие очень однородное.

(5)(b) Статистическая проверка не проводится, так как $(TWA/STD) > 1$ (*есть нарушение*).

4.2.2.2. Неоднородное воздействие в течение всего периода

(1) Определим значения воздействий X_1, X_2, \dots, X_n при проведении серии из n последовательных замеров длительностью T_1, T_2, \dots, T_n соответственно. Также получим коэффициент изменчивости отбора проб и их анализа CVt (вместе - общий коэффициент), как указано в 4.2.1 (шаг 1).

(1) (Пример)

Для определения неоднородного воздействия на сотрудника изоамилового спирта использовали персональный пробоотборный насос (расход воздуха 50 мл/мин) и две трубки с активированным углём, измерения проводили последовательно. Согласно приложению D для такого способа измерения $CVt = 0.08$. Значение среднесменной ПДК (8 часов) $TWA_{STD} = 100$ ppm. Проводившая анализ лаборатория сообщила, что для двух трубок:

$X_1=30$ ppm, $X_2=140$ ppm,
 $T_1= 300$ минут $T_2=180$ минут.

(2) Вычислим средневзвешенное по времени воздействие как описано в техническом приложении H (часть A – возможно, опечатка оригинала)

(2) (Пример)

$TWA = [(300 \text{ мин}) \cdot (30 \text{ ppm}) + (180 \text{ мин}) \cdot (140 \text{ ppm})] / [300 \text{ мин} + 180 \text{ мин}] = 71 \text{ ppm}$

(3) Разделим TWA на ограничение (ПДК) для получения стандартизированного воздействия (TWA/STD)

(3) (Пример)

$(TWA/STD) = 71 \text{ ppm} / 100 \text{ ppm} = 0.71$

(4) Вычислите LCL или UCL следующим образом:

(4)(a) Проверка инспектором наличия нарушений. Вычисляем

$LCL(\geq 95\%) = (TWA/STD) - [1.645 \cdot (CVt) \cdot \sqrt{\{T_1^2 \cdot X_1^2 + T_2^2 \cdot X_2^2 + \dots + T_n^2 \cdot X_n^2\}}] / [(STD) \cdot (T_1 + T_2 + \dots + T_n) \cdot \sqrt{(1 + CVt^2)}]$

(4)(b) Проверка работодателем отсутствия нарушений. Вычисляем:

$UCL(\geq 95\%) = (TWA/STD) + [1.645 \cdot (CVt) \cdot \sqrt{\{T_1^2 \cdot X_1^2 + T_2^2 \cdot X_2^2 + \dots + T_n^2 \cdot X_n^2\}}] / [(STD) \cdot (T_1 + T_2 + \dots + T_n) \cdot \sqrt{(1 + CVt^2)}]$

Замечание: если отдельные интервалы измерений примерно одинаковой продолжительности, то для вычислений можно использовать более простые уравнения:

$LCL(\geq 95\%) = (TWA/STD) - [1.645 \cdot (CVt) \cdot \sqrt{(X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2)}] / [(n) \cdot (STD) \cdot \sqrt{(1 + CVt^2)}]$

$UCL(\geq 95\%) = (TWA/STD) + [1.645 \cdot (CVt) \cdot \sqrt{(X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2)}] / [(n) \cdot (STD) \cdot \sqrt{(1 + CVt^2)}]$

(4) (Пример)

(4)(a) Так как $TWA/STD < 1$, то статистическая проверка не нужна, нарушений нет.

(4)(b) $UCL(\geq 95\%) = 0.71 + [1.645 \cdot 0.08 \cdot \sqrt{\{ (300)^2 \cdot (30)^2 + (180)^2 \cdot (140)^2 \}}] / [(100) \cdot (300 + 180) \cdot \sqrt{(1 + (0.08)^2)}] = 0.71 + 0.07 = 0.78$ (*нет нарушений*)

(5) Классификация средневзвешенных по времени воздействий согласно системе классификацию

(5)(a) Проверка нарушения требований инспектором:

- Если $LCL > 1$, есть нарушение требований.
- Если $(TWA/STD) > 1$ и $LCL \leq 1$, то возможно чрезмерное воздействие.
- Если $(TWA/STD) \leq 1$, то статистическая проверка не проводится, нет нарушений.

(5)(b) Проверка работодателем выполнения требований

- Если $UCL \leq 1$, нет нарушения требований.

- Если $UCL > 1$, то возможно чрезмерное воздействие

- Если $(TWA/STD) > 1$, то статистическая проверка не проводится, есть нарушение.

(5)(Пример)

(5)(a) Поскольку 0.71 меньше 1, то инспектор статистическую проверку для обнаружения нарушения не проводит.

(5)(b) Так как 0.78 меньше, чем 1, то работодатель может классифицировать такое средневзвешенное по времени воздействие TWA как соответствующее требованиям с доверительным уровнем 95% или выше.

4.2.2.3. Последовательные замеры в течение части периода (только для инспекторов)

Для вычисления LCL используйте процедуры из раздела 4.2.2.1 (однородное воздействие) или 4.2.2.2 (неоднородное воздействие), и примеры до части (4) каждого из разделов. Например, предположим, что три замера из раздела 4.2.2.1 охватывают только 6.4 часа, и что LCL(95%) остался прежним - 1.02. Тогда предел частичного доверительного интервала **PPL** (*Partial Period Limit*) вычисляется так:

$$PPL = [(\text{период STD} = 8 \text{ часов}) / (\text{общая продолжительность замеров})] = 8 \text{ часов} / 6.4 \text{ часа} = 1.25$$

Затем классифицируйте средневзвешенное по времени воздействие TWA следующим образом:

- Если $LCL > PPL$, то имеется нарушения ограничения.

- Если $(TWA/STD) > PPL$, а $LCL \leq PPL$ - возможно чрезмерное воздействие.

- Если $(TWA/STD) \leq PPL$, то статистическая проверка не проводится, нет нарушений.

Поскольку $1.1 < 1.25$, то статистическая проверка нарушения требований не проводится (так как статистически - при тех допущениях/предположениях, которые мы сделали - невозможно доказать, что имеется нарушение требований).

4.2.3. Серия кратковременных замеров, число замеров небольшое

(до 30 замеров в течение периода, к которому относится установленное стандартом ограничение)

В разделах 3.3.4. и 3.4 приводится определение и (описано) применения такого способа измерений. Статистическая теория, использованная в этом разделе, содержится в (4-3).

(1) Получение исходных данных

Было сделано менее 30 кратковременных измерений загрязнённости воздуха X_1, X_2, \dots, X_n .

Техническое замечание: Не следует пытаться определить среднюю концентрацию загрязнений за 8-часовую смену по результатам измерений в течение небольшой доли смены (например - если замеры проводились последние 2 часа). Как указано в 3.4.4, отбор проб должен проводиться в течение всего периода, указанного в стандарте по охране труда (в случае 8-часовой среднесменной ПДК - в течение 8 часов), и измерения должны проводиться через случайные интервалы времени.

Замечание: описанная процедура не позволяет обрабатывать результаты измерений, равные 0. Эта проблема рассмотрена в техническом приложении I.

(1) (Пример)

С помощью персонального пробоотборного насоса (расход воздуха 25 мл/мин) и 8 трубок с активированным углём измерялось воздействие на сотрудника изоамилового спирта. Одно измерение продолжалось 20 минут. Ограничение воздействия (среднесменная ПДК за 8 часов) TWA STD = 1000 ppm. В приложении D приводится CVt для этого метода измерений = 0.06. Результаты измерений:

$$X_1 = 1225 \text{ ppm} \quad X_2 = 800 \text{ ppm} \quad X_3 = 1120 \text{ ppm} \quad X_4 = 1460 \text{ ppm}$$

$$X_5 = 975 \text{ ppm} \quad X_6 = 980 \text{ ppm} \quad X_7 = 525 \text{ ppm} \quad X_8 = 1290 \text{ ppm}$$

(2) Стандартизация измеренных концентраций и вычисление логарифма каждого из измеренных значений

(2)(a) Для вычисления стандартизированных значений используется значение ПДК из соответствующего стандарта (29 CFR 1910 подчасть Z). Обозначим значение ПДК из федерального стандарта как STD. Вычислим следующие значения: $x_1 = X_1/STD$, $x_2 = X_2/STD$, ... $x_n = X_n/STD$. Новые значения $x_1, x_2 \dots x_n$ - это стандартизированные измеренные концентрации.

(2)(b) Вычислим десятичные логарифмы стандартизированных концентраций, и обозначим их $y_1, y_2 \dots y_n$: $y_1 = \log(x_1)$, $y_2 = \log(x_2) \dots y_n = \log(x_n)$.

Фиг. 4.3. Схема классификации при проведении серии кратковременных измерений

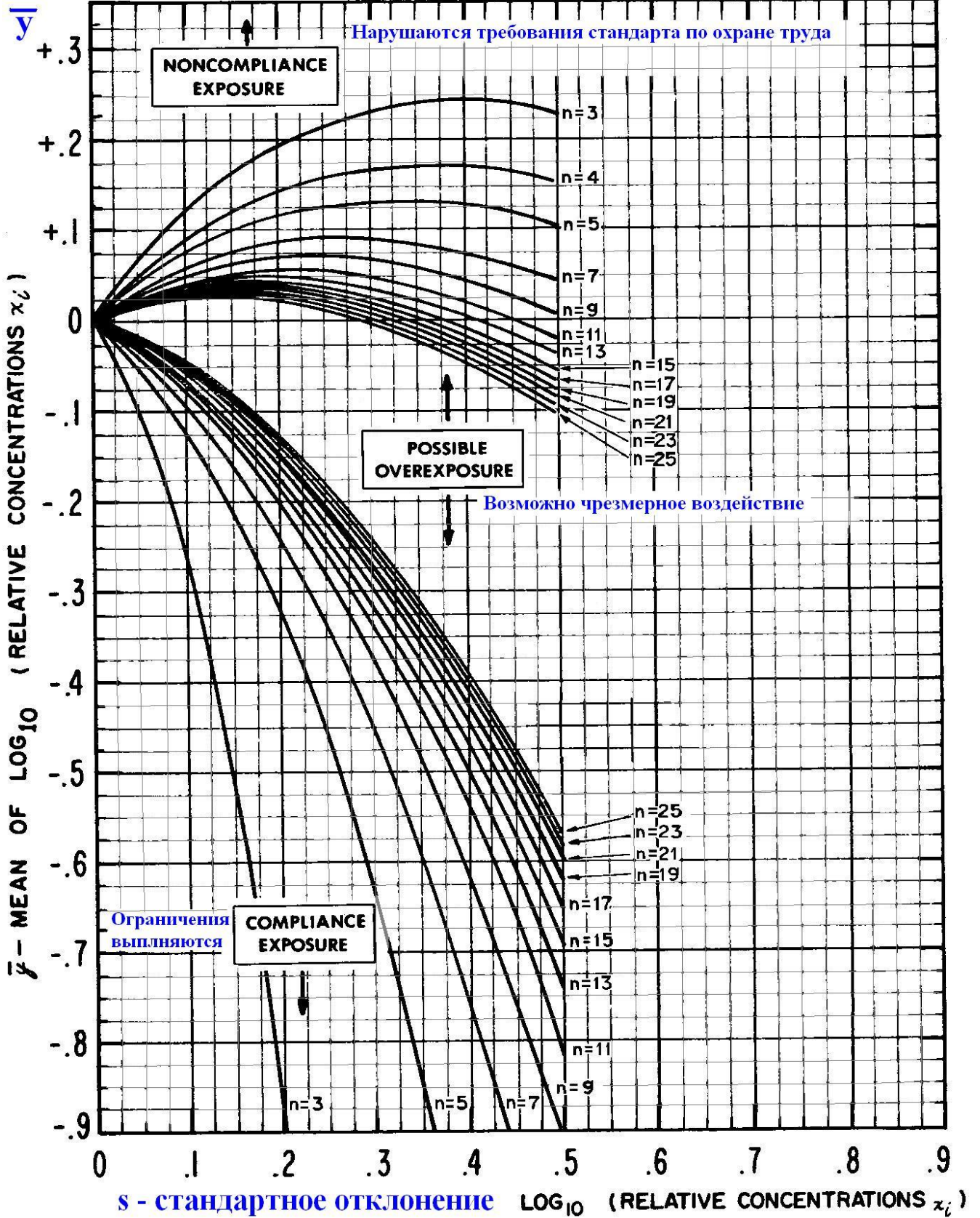


Figure 4.3. Grab sample measurement average classification chart.

В этом случае, показанная на Фиг. 4.4 точка находится между кривой для $n=8$ в верхнем семействе кривых и $n=8$ в нижнем семействе кривых. Такое воздействие классифицируется как возможное чрезмерное воздействие.

Фиг. 4.4. Схема классификации воздействия при проведении серии кратковременных замеров для примера из раздела 4.2.3.

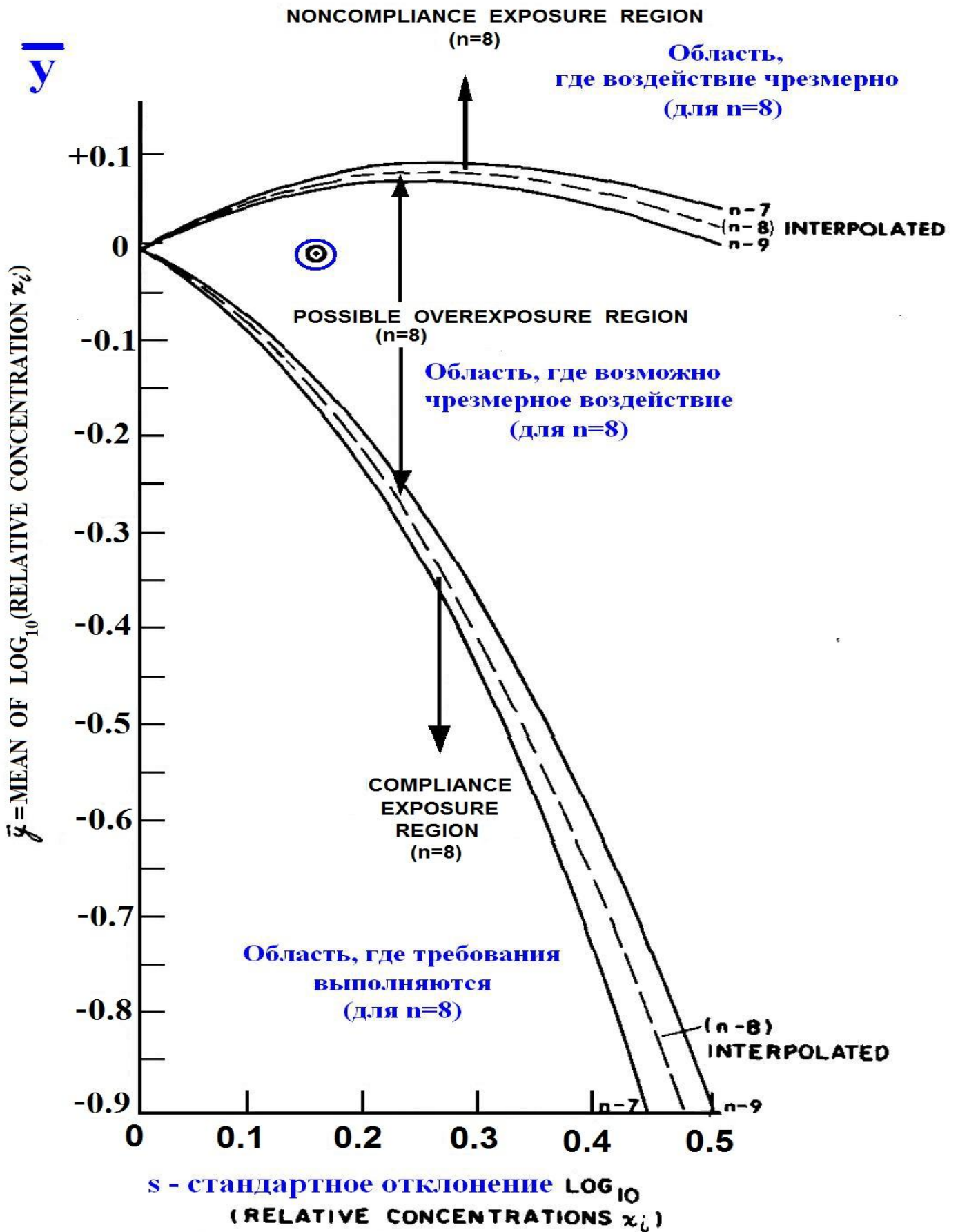


Figure 4.4. Grab sample classification chart for example of section 4.2.3.

(2) (Пример)

Измеренная концентрация X_i , ppm	Стандартизованная концентрация x_i	$y_i = \text{Log}_{10}(x_i)$
1225	1,225	0,0881
800	0,800	-0,0969
1120	1,120	0,0492
1460	1,460	0,1644
975	0,975	-0,0110
980	0,980	-0,0088
525	0,525	-0,2798
1250	1,290	0,1106

(3) Вычислим переменные, которые используются для классификации воздействия (\bar{y} , s , n).

Вычислим среднее арифметическое полученных ранее логарифмов (\bar{y}), и стандартное отклонение этих же логарифмов (s). Полученные значения \bar{y} , s и n используются для классификации воздействия. Для вычисления этих значений удобно использовать программируемый калькулятор, или следующие формулы:

для вычисления \bar{y} :

$$\bar{y} = (1/n) * (y_1 + y_2 + \dots + y_n).$$

для вычисления s

$$s = \sqrt{[(1/\{n-1\}) * \{(y_1 - \bar{y})^2 + (y_2 - \bar{y})^2 + \dots + (y_n - \bar{y})^2 \}]},$$

или в упрощённом виде:

$$s = \sqrt{[1/\{n-1\} * \{y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_n^2 - n * \bar{y}^2 \}]}$$

(3) (Пример)

$$\bar{y} = 0.002, \quad s = 1.140, \quad n = 8$$

(4)

Отметим на схеме классификации точку, у которой координаты \bar{y} и s (\bar{y} - по вертикальной оси, s - по горизонтальной оси). На схеме семейства кривых ограничивают области, соответствующие разным результатам классификации. Каждая из этих областей зависит от числа измерений n . На схеме есть кривые для n от 3 до 25.

(4) (Пример)

Для использования схемы классификации:

- Отмечаем на схеме (Фиг. 4.3) точку с координатами \bar{y} и s .
- Если точка попала на верхнюю кривую, соответствующую числу измерений, или лежит выше неё, то воздействие превышает допустимое.
- Если точка лежит ниже нижней кривой, соответствующей числу измерений n , то воздействие не превышает допустимое.
- Если точка лежит между двумя указанными кривыми, то возможно чрезмерное воздействие.
- Если значение s больше 0.5, то один или более результатов измерений находится на удалении от основной массы результатов. Нужно провести дополнительные измерения у этого сотрудника.

(5) Вычислите наилучшую оценку среднего значения (X^*).

Для получения лучшей оценки среднего воздействия (X^*) также используются классификационные переменные \bar{y} и s . Для получения лучшей оценки среднего воздействия используется график на Фиг. 4.5

На этом графике по вертикальной оси откладывается классификационная переменная \bar{y} , а по горизонтальной - s . С помощью семейства кривых определяется стандартизованное среднее воздействие (воздействие, разделенное на определённую в соответствующем стандарте ПДК - STD), которое обозначается как X^*/STD . Если значения \bar{y} и/или s оказались за пределами графика, то для оценки стандартизованного среднего воздействия используется формула:

$$X^*/STD = (1/n) * (x_1 + x_2 + \dots + x_n)$$

(5) (Пример)

При использовании Фиг. 4.5.:

- Наносим значения \bar{y} и s (по вертикальной и по горизонтальной оси соответственно).
- Следуем по нанесённой на графике кривой к ближайшему значению X^*/STD (на правом краю графика)
- Проводим интерполяцию между двумя значениями X^*/STD . Если значение X^*/STD умножить на STD (ПДК), то получится оценка среднего воздействия (X^*). В нашем примере показанная на графике точка даёт: $X^*/STD = 1.05$; $X^* = (1.05) * (1000 \text{ ppm}) = 1050 \text{ ppm}$

Фиг. 4.5. График для определения стандартизованного среднего воздействия

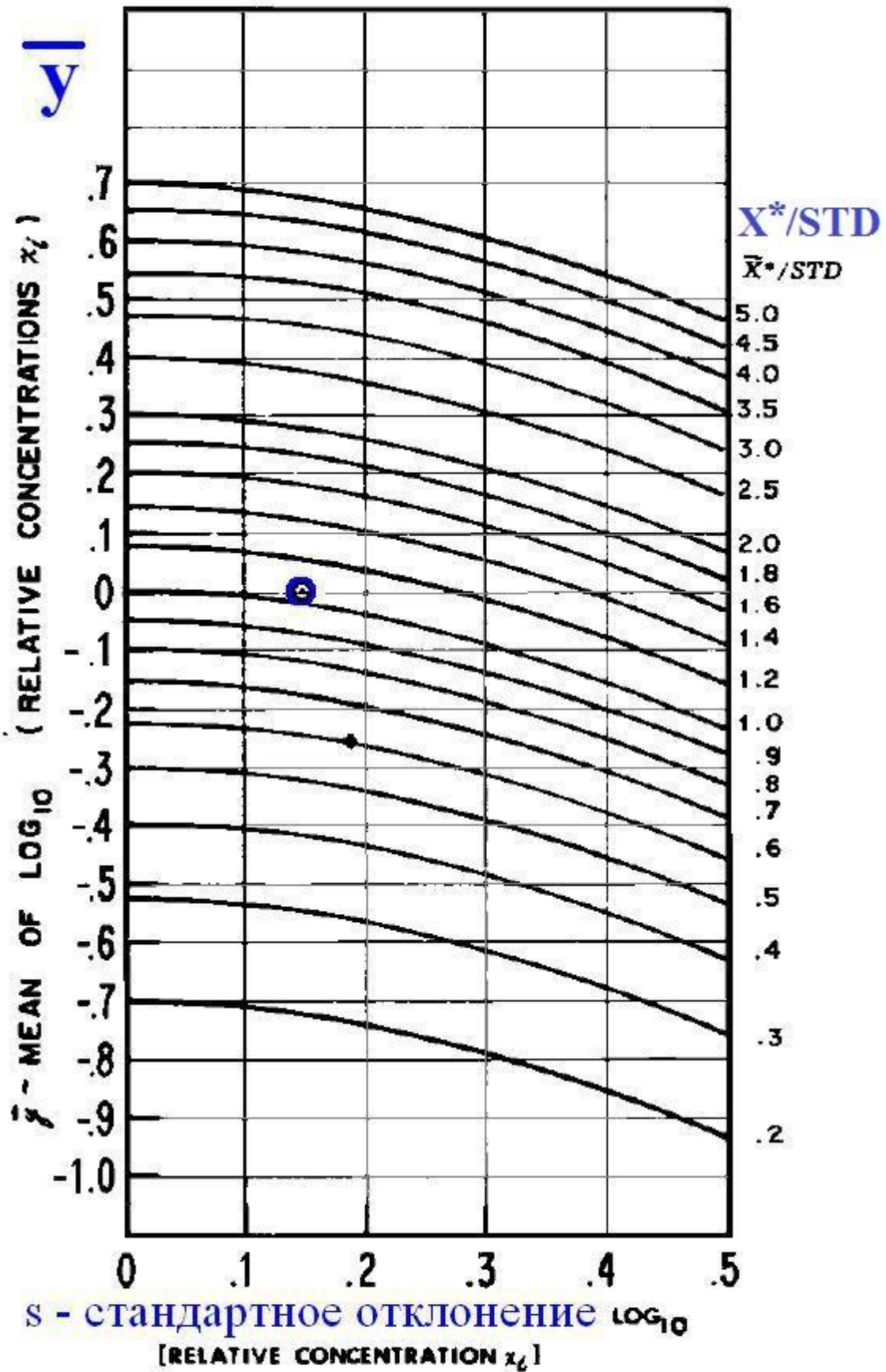


Figure 4.5. Estimation graph for X^*/STD .

4.2.4. Серия кратковременных измерений, большое число замеров

(больше 30 в течение периода, к которому относится установленное стандартом ограничение)

В разделах 3.3.4. и 3.4. дано определение и описано применение такого способа проведения измерений. Обычно для определения среднего воздействия за 8-часовой или 15-минутный период проводят менее 30 измерений - из-за больших расходов (например - на индикаторные трубки) и нехватки сотрудников для проведения измерений. Но при использовании оборудования, которое непосредственно измеряет концентрацию (*direct reading instrument*), нетрудно получить больше 30 результатов измерений в течение соответствующего периода. Это предпочтительнее проведения небольшого числа измерений (меньше 30, описано в предыдущем разделе), так как при большем числе замеров границы доверительного интервала получатся "уже". Кроме того, при проведении более чем 30 измерений, распределение измеренного среднего значения лучше описывается нормальным распределением. Поэтому не нужно вычислять логарифмы измеренных значений (как в разделе 4.2.3.), и проверка наличия или отсутствия нарушений упрощается. Но большинство приборов, измеряющих концентрацию напрямую, не подходят для использования в качестве персональных пробоотборных устройств - их можно использовать для определения загрязнённости воздуха рабочей зоны. В техническом приложении С объясняются причины неадекватности измерения загрязнённости воздуха рабочей зоны для определения воздействия на сотрудника.

(1) Проведено более 30 кратковременных измерений концентрации (X_1, X_2, \dots, X_n), интервалы между замерами - случайные. Замечание: этот способ позволяет обрабатывать результаты измерений, равные 0.

(1) (Пример)

Использовался прибор, непосредственно измерявший концентрацию озона - с самописцем. Среднесменная ПДК (8 часов) = 0.1 ppm. Ниже приводятся 35 значений, считанных с ленты самописца через 35 случайно выбранных интервалов времени в течение 8-часового периода (все значения приведены в ppm):

0.084	0.062	0.127	0.057	0.101	0.072	0.077
0.145	0.084	0.101	0.105	0.125	0.076	0.043
0.079	0.078	0.067	0.073	0.069	0.084	0.061
0.066	0.085	0.080	0.071	0.103	0.075	0.070
0.048	0.092	0.066	0.109	0.110	0.057	0.107

(2) Стандартизируйте значения, как показано в (2)(а) предыдущего раздела (4.2.3). Новые значения обозначаются x_1, x_2, \dots, x_n .

(2) (Пример)

0.84	0.62	1.27	0.57	1.01	0.72	0.77
1.45	0.84	1.01	1.05	1.25	0.76	0.43
0.79	0.78	0.67	0.73	0.69	0.84	0.61
0.66	0.85	0.80	0.71	1.03	0.75	0.70
0.48	0.92	0.66	1.09	1.10	0.57	1.07

(3) Вычислите среднее арифметическое значение \bar{X} и стандартное отклонение s стандартизованных значений. Можно использовать программируемый калькулятор, или формулы для вычислений из части 3 предыдущего раздела (4.2.3).

(3) (Пример) Среднее значение $\bar{X} = 0.831$, стандартное отклонение $s = 0.230$, число замеров $n = 35$.

(4) Вычислите нижний и верхний доверительные пределы (LCL и UCL):

(4)(а) Проверка инспектором нарушения требований стандарта. Вычисляем:

$$LCL(95\%) = \bar{X} - 1.645 * s / \sqrt{n}$$

(4)(b) Проверка работодателем выполнения требований. Вычисляем:

$$UCL(95\%) = \bar{X} + 1.645 * s / \sqrt{n}$$

где 1.645 - параметр нормального распределения, соответствующий одностороннему 95% доверительному интервалу.

(4) (Пример)

$$(4)(b) UCL(95\%) = 0.831 + 1.645 * 0.230 / \sqrt{35} = 0.89$$

(5) Классифицируйте среднесменное стандартизованное воздействие согласно системе классификации.

(5)(а) Проверка инспектором нарушения требований:

- Если $LCL > 1$, то воздействие превышает допустимое.
- Если $\bar{X} > 1$ и $LCL \leq 1$, то возможно чрезмерное воздействие.
- Если $\bar{X} \leq 1$, то статистическая проверка не проводится, нарушения требований нет.

(5)(b) Проверка работодателем выполнения требований:

- Если $UCL \leq 1$, то воздействие не превышает допустимое.
- Если $UCL > 1$, то возможно чрезмерное воздействие.
- Если $\bar{X} > 1$, то статистическая проверка не проводится, есть нарушение.

(5) (Пример)

(5)(b) Поскольку 0.89 (верхний предел UCL) меньше 1, то с уровнем доверия 95% такое воздействие не превышает допустимое.

4.3. Классификация воздействий для стандарта, ограничивающего кратковременное воздействие

В разделе 3.5 приводятся указания по проведению отбора проб при определении того, не происходит ли превышения ограничения кратковременного воздействия. Этот раздел (4.3) разделён на 2 части:

- Классификация воздействий на основании измерений, которые проводились в течение тех интервалов времени, когда ожидалась наибольшая концентрация загрязнений (4.3.1).
- Классификация воздействий на основе (и) тех периодов, когда измерений концентрации не проводилось, а она могла быть большой (4.3.2).

4.3.1. Классификация на основе измеренных значений концентрации

(1)

(1)(a) Проведём серию измерений кратковременных воздействий (каждый замер может состоять из более чем одного отбора проб), и получим концентрации:

X_1, X_2, \dots, X_n .

Определим CVt - коэффициент изменчивости отбора проб и аналитического метода (как в разделе 4.2.1, шаг 1).

(1)(b) Выберем наибольшую измеренную концентрацию, и обозначим её X .

(1)(c) Вычислим максимальную относительную кратковременную концентрацию

$x = X/CSTD$, где $CSTD$ - кратковременная ПДК (установленная стандартом по охране труда).

(1) (Пример)

(1)(a) Сотрудник подвергается воздействию сероводорода в течение 16 коротких интервалов времени в течение каждой смены. Кратковременная ПДК = 20 ppm. Согласно методу измерения концентрации сероводорода NIOSH S4, использовали импинджер и реагент. Каждый замер проводился 10 минут при расходе воздуха 0.2 л/мин. Согласно приложению D коэффициент изменчивости этого метода $CVt = 0.12$. Использовали 5 импинджеров, и сделали 5 замеров в течение 5 периодов, которые выбрали случайным образом из числа 16 возможных. Лаборатория сообщила результаты анализа:

$X_1=12$ ppm, $X_2 = 14$ ppm, $X_3 = 13$ ppm, $X_4 = 16$ ppm и $X_5 = 15$ ppm.

(1)(b) $X=15$ ppm.

(1)(c) $x=(16 \text{ ppm})/(20 \text{ ppm}) = 0.80$

(2) Классифицируйте воздействие согласно разделам 4.2.1 или 4.2.2. Если используется результат одного 15-минутного замера с наибольшей концентрацией, используйте 4.2.1, а если измерения в течение 15 минут (когда обнаружилась наибольшая концентрация) проводились неоднократно (например - с помощью нескольких индикаторных трубок) - 4.2.2.

(2) (Пример)

$UCL(95\%) = 0.80 + (1.645)*(0.12) = 0.997$

Так как 0.997 меньше 1, то наибольшее измеренное воздействие не превышает установленных ограничений.

(3) Если измеренная концентрация соответствует требованиям, перейдите в раздел 4.3.2. В противном случае завершите проведение классификации кратковременных воздействий.

(3) (Пример) Переходим в раздел 4.3.2 ниже.

4.3.2. Классификация с учётом интервалов, когда измерение воздействия не проводилось

Эта (необязательная) классификационная процедура используется, когда имеются интервалы, в течение которых могло быть сильное кратковременное воздействие, и в течение которых измерения не проводились. Эта процедура используется для того, чтобы сделать консервативное статистическое заключение (с точки зрения защиты рабочего) о периодах, когда измерения не проводились. В техническом приложении К описаны статистические методы, сделанные допущения и определены те способы вычислений, которые используются в этом разделе.

(1)

(1)(a) Вычислите относительные кратковременные концентрации и их десятичные логарифмы:

$$x_1=X_1/CSTD, x_2=X_2/CSTD, \dots x_n=X_n/CSTD$$

$$y_1=\text{Log}_{10}(x_1), y_2=\text{Log}_{10}(x_2), \dots y_n=\text{Log}_{10}(x_n).$$

(1)(b) Вычислите среднее значение полученных логарифмов (\bar{y}), и стандартное отклонение (s). Лучше всего сделать это с помощью калькулятора. Для вычисления можно использовать формулы:

$$\bar{y} = (1/n) \cdot (y_1 + y_2 + \dots + y_n)$$

$$s = \sqrt{\{ [1/(n-1)] \cdot [(y_1 - \bar{y})^2 + (y_2 - \bar{y})^2 + \dots + (y_n - \bar{y})^2] \}}$$

(1) (Пример)

(1)(a) CSTD = 20 ppm

Концентрация Xi	xi	yi = Log ₁₀ (xi)
12	0.600	-0.2218
14	0.700	-0.1549
13	0.650	-0.1871
16	0.800	-0.0969
15	0.750	-0.1249

(1)(b) $\bar{y} = -0.1571$; $s = 0.0494$; $n = 5$.

(2) Вычислите вероятность β (β - это вероятность того, что в каком-то произвольном интервале, когда не проводилось измерение воздействия, воздействие превышало ПДК):

Вычисляем $z = |\bar{y}| / s$, где - это абсолютное значение y.

(вероятно, опечатка - нужно было сказать: "абсолютное значение \bar{y} " - примечание при переводе).

Для получения β используем таблицу 4.2 и значение z :

Если $\bar{y} < 0$, вычисляем $\beta = 1 -$ (значение из таблицы 4.2), но

если $\bar{y} \geq 0$, то $\beta =$ (значение из таблицы 4.2).

(2) (Пример)

$$z = |-0.1571| / 0.0494 = 3.18$$

так как $\bar{y} < 0$, то $\beta = 1 - (0.9993) = 0.0007$

Это означает, что вероятность того, что в каком-то из интервалов, когда измерения не проводились, воздействие превышало кратковременную ПДК (CSTD), равна 0.07%.

(3) Классифицируйте воздействие на рабочего в течение тех интервалов, когда измерения воздействия не проводились.

Согласно шагу (2) β - это вероятность того, что воздействие в течение какого-то из интервалов, когда измерения не проводились, превышает кратковременную ПДК. Иными словами, β - это вероятность нарушения требований стандарта по охране труда. Следовательно, $(1-\beta)$ - это вероятность выполнения требований в течение какого-то из интервалов, когда измерения не проводились.

Вероятность (P_c) того, что не происходит превышения кратковременной ПДК во время всех K интервалов, когда не проводятся измерения вычисляется по формуле:

$$P_c = (1-\beta)^K$$

Это лучше делать с помощью калькулятора, но можно вычислить P_c с помощью таблицы логарифмов:

$$\text{Log}_{10}(P_c) = K \cdot \text{Log}_{10}(1-\beta)$$

$$P_c = \text{antilog}_{10}[\text{Log}_{10}(P_c)]$$

Возможно, что Вы не знаете количество остальных интервалов в течение смены, когда возможно сильное воздействие (и когда замеры не проводились). В этом случае для получения консервативной оценки K следует предположить, что K равно оставшемуся числу интервалов. Например, если в течение

8-часовой смены было сделано 5 замеров в течение 15-минутных интервалов (всего за 8 часов - 32 возможных 15-минутных интервала), то получаем, что $K = 27$ (32-5).

(3)(Пример)

$$(1-\beta) = 1-0.0007 = 0.9993$$

$$K = 16 - 5 = 11$$

$$P_c = (0.9993)^{11} = 0.992$$

То есть, с вероятностью 99.2% во всех интервалах, когда измерения не проводились, не было превышения кратковременной ПДК. Классификация выполняется так:

- Если $P_c > 0.9$, то воздействие (считается) не превышающим допустимое.

- Если $P_c < 0.1$, то (считается, что) воздействие превышает допустимое.

- Если $0.1 \leq P_c \leq 0.9$, то возможно чрезмерное воздействие.

Таким образом, измерения в этом случае показывают, что воздействие не превышает допустимое.

Таблица 4.2. Таблица для определения доли площади, которая находится под графиком "накопительного" нормального распределения, отделяемым взятым значением

	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5598	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8443	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.8810	0.9177
1.4	0.9193	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9162	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9306	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9429	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9535	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9692	0.9625	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9699	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9761	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9812	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9854	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9887	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.99913	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9934	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9951	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9963	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9973	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9980	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9986	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9990	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

Взято из таблицы А-1 из (4-4).

4.4. Вычисление среднего геометрического для длительного воздействия, и использование вероятности нарушения требований (стандартов по охране труда) при принятии решения об (необходимости) установки технических средств снижения воздействия

Стандарты по охране труда, разработанные OSHA, требуют использовать технические средства снижения загрязнённости воздуха в тех случаях, когда "проведённые работодателем измерения загрязнённости вдыхаемого воздуха показали, что сотрудники подвергаются воздействию вещества (...) при концентрации, превышающей ПДК". Для каждого вещества в соответствующем стандарте указываются допустимые технические средства снижения воздействия и условия (их) применения. Обязательно нужно изучить соответствующий документ перед началом планирования и установки средств снижения загрязнённости. Существуют мероприятия (для снижения воздействия) двух видов: организационные и технические. В отношении к данному разделу, техническими средствами могут быть локальные вентиляционные отсосы, или изменение технологии выполнения работы для снижения воздействия.

Так как использование технических средств (обычно) связано с большими капитальными затратами, то работодатель склонен точно узнать/убедиться, что воздействие на работника в настоящий момент действительно чрезмерно. То есть, (ему нужно знать) - действительно ли результаты измерений воздействия в течение дня/смены адекватно отражают реальное воздействие на рабочего в долгосрочном плане? Или получилось большое значение среднего воздействия в течение одного дня из-за того, что в этот день возникли какие-то необычные обстоятельства, и для снижения воздействия на рабочего можно использовать другие способы (организацию выполнения работы, усиление контроля/надзора за выполнением работы) ?

Работодатель должен попытаться ограничить вероятность того, что воздействие на рабочего превышает ПДК величиной 5%. То есть, не более 5% истинных среднесменных воздействие может превышать ПДК. В этом разделе приводятся процедуры для вычисления "долговременной" вероятности нарушения требований (P_n) для воздействия на сотрудника, на основе любого числа подходящих (измеренных) среднесменных концентраций. Значение P_n можно интерпретировать как оценку доли тех дней, в течение которых сотрудник будет подвергаться чрезмерному воздействию, если условия (в которых проводились измерения среднесменных воздействий) не изменятся. Далее такие условия называются стабильным долговременным воздействием (*stationary long-term mean*).

Также в этом разделе сделано предположение, что среднесменные значения воздействия, взятые для разных дней, соответствуют логарифмически-нормальному закону распределения. Для определения среднего геометрического (GM) такого распределения используют измеренные среднесменные воздействия. Для оценки изменчивости истинного среднесменного воздействия (в разные дни) используют геометрическое стандартное отклонение (GSD). Эта математическая модель описана в (4-5). При определении среднего долговременного воздействия, погрешности и изменчивость вычисления любого из среднесменных воздействий оказывают небольшое влияние. То есть, на изменчивость истинных среднесменных воздействий влияет, главным образом, изменение внешних условий в разные дни - а не погрешность измерений. Поэтому GSD измеренных среднесменных воздействий является хорошей оценкой изменчивости истинных среднесменных концентраций. (В GSD вносит небольшой вклад погрешность отбора проб и анализа, которая - как считается - соответствует нормальному распределению).

Также отметим, что в этом разделе не используются доверительные уровни, так как мы не определяем доверительного интервала для вычисляемого значения P_n . Мы не проверяем гипотезу о том, что - по результатам измерений среднесменных воздействий - вероятность чрезмерного воздействия превышает 5%. Этот раздел предназначен только для того, чтобы дать рекомендации, которые помогут принять решение - разрабатывать ли и устанавливать технические средства снижения запылённости. Главной целью является простота. С учётом сделанных ранее допущений, существует вероятность 50% того, что истинная (долговременная) вероятность чрезмерного воздействия (будет) больше или меньше вычисленного значения P_n .

(1) Для определения вероятности P_n выберите все подходящие измеренные среднесменные воздействия. При этом нужно использовать хорошее знание условий, в которых сотрудники

подвергались воздействию, и профессиональный опыт. Для определения такой вероятности нужно использовать только те значения среднесменной концентрации, которые соответствуют "стабильной" текущей концентрации. Для этого можно нанести на графике значения среднесменных концентраций как функции от времени (масштаб на шкале времени - дни или месяцы). Если обнаружилась тенденция возрастания или снижения воздействия, то такие участки нельзя использовать для определения Pn, так как получится неправильное значение. Можно использовать только такие значения, которые не обнаруживают тенденцию возрастания или снижения.

Все среднесменные воздействия нужно стандартизировать - поделив результат измерений на соответствующую ПДК. Это описано в разделе 4.2, и ниже приводится список ссылок:

Способ измерений	Раздел	Среднесменное воздействие (концентрация)	Стандартизованное среднесменное воздействие
Один замер в течение всего периода	4.2.1	X	x
Последовательные замеры в течение всего периода	4.2.2	TWA	TWA/STD
Серия кратковременных замеров	4.2.3	X*	X*/STD

(1) (Пример)

Происходит воздействие диоксана на сотрудников. В течение полугода с помощью трубок с активированным углём в течение 10 разных дней измерялось воздействие на рабочих. Получены следующие среднесменные (8-часовые) воздействия (ppm):

67, 51, 33, 72, 122, 75, 110, 93, 61, 190. ПДК (STD) = 100 ppm.

(2) Вычислите десятичные логарифмы стандартизованных среднесменных значений (Y_1, Y_2, \dots, Y_n). Индексы соответствуют (порядковому) номеру дня проведения измерений.

$Y_i = \text{Log}_{10}[x_i \text{ или } (\text{TWA}/\text{STD})_i \text{ или } (\text{X}^*/\text{STD})_i]$

Стандартизованные среднесменные воздействия, измеренные разными способами, можно использовать вместе - без учёта способа измерений.

Такой способ обработки результатов измерений не позволяет учитывать значения, равные 0. Эта проблема обсуждается в техническом приложении I.

(2) (Пример)

TWA, ppm	TWA/STD	$Y_i = \text{Log}_{10}(\text{TWA}/\text{STD})_i$
67	0.67	-0.1739
51	0.51	-0.2924
33	0.33	-0.4815
72	0.72	-0.1427
122	1.22	0.0864
75	0.75	-0.1249
110	1.1	0.0414
93	0.93	-0.0315
61	0.61	-0.2147
190	1.9	0.2788

(3) Вычислите среднее арифметическое логарифмов Y_i , (обозначается \bar{Y}), и стандартное отклонение Y_i (обозначается S). Это удобно делать с помощью калькулятора, или используя уравнения из раздела 4.2.3 (шаг (3)).

(3) (Пример)

$\bar{Y} = -0.1055, S = 0.212, n = 10.$

(4) Среднее геометрическое долговременного воздействия GM вычисляется так:

$GM = [\text{antilog}_{10}(\bar{Y})] * (\text{STD})$

а показателем изменчивости среднесменных воздействий является GSD:

$GSD = \text{antilog}_{10}(S)$

(4) (Пример)

$GM = (0.7843)(100) = 78.4 \text{ ppm}$

$GSD = 1.63$

(5) Вероятность нарушения требований (P_n) вычисляется с помощью \bar{Y} и S :

$$z = |\bar{Y}| / S$$

Затем с помощью таблицы 4.2 вычисляем P_n :

- Если $\bar{Y} < 0$, то $P_n = 1 -$ (значение из таблицы 4.2)

- Если $\bar{Y} \geq 0$, то $P_n =$ (значение из таблицы 4.2)

Вычисления проводятся так же, как и в шаге (2) в разделе 4.3.2.

(5) (Пример)

$$z = |-0.1055| / 0.212 = 0.498. \quad \text{Так как } \bar{Y} < 0, \text{ то } P_n = 1 - (0.691) = 0.309.$$

То есть, такой результат может быть истолкован как то, что в течение 6 месяцев вероятность чрезмерного воздействия у рабочего равна 31%. Также можно сказать, что можно ожидать, что 31% среднесменных концентраций превысит ПДК (TWA) за это время.

(6) Если P_n превышает 0.05, то это ясно показывает, что нужно использовать технические средства снижения загрязнённости воздуха.

(6) (Пример)

Требуется использование технических средств для уменьшения загрязнённости воздуха.

Ссылки

4-1 Leidel NA and KA Busch: Statistical Methods for истинного среднесменного воздействия (в разные дни) используют геометрическое стандартное отклонение (GSD).

the Determination of Noncompliance with Occupational Health Standards. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. (NIOSH) 75-159, Cincinnati, Ohio 45226, April 1975.

4-2. Natrella MG: Experimental Statistics. National Bureau of Standards Handbook 91. Superintendent of Documents, US Government Printing Office, Washington, DC 20402, 1963.

4-3. Bar-Shalom Y, D Budenaers, R Schainker and Segall: Handbook of Statistical Tests for Evaluating Employee Exposure to Air Contaminants. NIOSH Technical Information, Pub. No. (NIOSH) 75-147, Cincinnati, Ohio 45226, April 1975.

4-4. Leidel NA Busch and WE Crouse: Exposure Measurement Action Level and Occupational Environmental Variability. NIOSH Technical Information, Pub. No. (NIOSH) 76-131, Cincinnati, Ohio 45226, Desember 1975.

4-5. Brief RS and RA Scala: Occupational Exposure Limits for Novel Work Schedules. American Industrial Hygiene Association Journal, 36:467-469, 1975.

Техническое приложение А

Вычисление числа участников измерений -

подгруппы максимального риска -

из однородной группы с высоким уровнем риска

Приведённая в этом приложении информация была разработана Systems Control Inc, и она первоначально была опубликована в SCI Report #5119-1, pp. 7-12 (May 1975). Работа проводилась по договору с NIOSH: NIOSH Contract # CDC-99-74-75.

В некоторых случаях невозможно выявить рабочих, у которых риск (чрезмерного воздействия) максимален. То есть, рекомендации (Глава 2) не позволяют определить, у каких рабочих ожидается максимальное воздействие. Это может случиться, когда много рабочих выполняет схожую работу, и у них схожий риск большого воздействия, или когда воздух в помещении хорошо перемешан. В этом приложении приводятся указания для отбора адекватной подгруппы из однородной группы с (однородным) большим риском. В приложении описаны процедуры отбора подгруппы, которые может использовать работодатель для уменьшения числа замеров, но с сохранением большой вероятности обнаружения чрезмерного воздействия, рабочих с большим риском. Число рабочих в такой большой однородной группе обозначено N , а для проведения измерения воздействия случайным образом отбирается (подгруппа) n рабочих, $n < N$.

Если предположить, что из основной подгруппы (N) 10% рабочих подвергаются наибольшему риску, то (мы) попытаемся отобрать такую подгруппу (n), чтобы с большой вероятностью $[1-\alpha]$ один из входящих в неё рабочих подвергался большому воздействию. Вероятность того, что хотя бы один из (выбранной) попадёт в подгруппу $No = \tau N$ (τ - доля от основной группы, которая подвергается сильному воздействию, $0 < \tau < 1$) (должна быть достаточно большой). Если подгруппа с большим воздействием включает 10% от основной группы, то $\tau = 0.1$. Вероятность того, что в выбранной подгруппе не окажется ни одного рабочего из числа τN подвергающихся наибольшему воздействию - α .

Для вычисления вероятности того, что в выбранную подгруппу (n) не попадёт ни один из рабочих с большим риском воздействия (No) из основной группы (N) используется формула:

$$Po = [(N-No)! * (N-n)!] / [(N-No-n)! * (N)!] \quad \textbf{(A-1)}$$

Это выражение получено на основе теории (комбинаторики) для выборки без замены. Заметим, что:

$$Po = Po(N, \tau, n) \quad \textbf{(A-2)}$$

и для получения числа рабочих, отбираемых в подгруппу для проведения замеров нужно решить следующее уравнение:

$$Po(N, \tau, n) = \alpha \quad \textbf{(A-3)}$$

для числа рабочих в подгруппе n , известного числа рабочих в основной группе N , известной доли рабочих с наибольшим риском τ и заданной вероятности того, что среди выбранных рабочих не окажется тех, у кого риск максимален α .

В таблицах А1-А4 приводятся результаты решения этого уравнения, округлённые до ближайшего целого значения. Результаты получены для размера основной группы $N \leq 50$, для доли рабочих с наибольшим риском 10 и 20% ($\tau = 0.1$ и 0.2), и уровне доверия 90 и 95% ($\alpha = 0.1$ и 0.05).

Если $n \ll N$, то точное решение получается при отборе подгруппы с заменой. В этом случае отбор подгруппы обеспечивает вероятность $(1 - \alpha)$ того, что в n "попытках" не произойдёт случай, вероятность которого для одной "попытки" равна τ . Формула:

$$(1-\tau)^n = \alpha \quad \textbf{(A-4)}$$

$$n = \text{Log}(\alpha) / \text{Log}(1-\tau) \quad \textbf{(A-5)}$$

Например, $n(\tau=0.1, \alpha=0.1) = [\text{Log}(0.1)/\text{Log}(0.9) = -1.0/-0.0458] = 21.9$, или 22. Это предел, к которому стремится n в таблице А-1 при $N \rightarrow \infty$.

Заметим, что даже при $N = 50$, значение n из таблицы А-1 заметно отличается от предела (например - 22), и это показывает преимущества использования формулы (А-3) для определения числа рабочих.

Таблица А-1. Отбор подгруппы рабочих для доли рабочих с наибольшим воздействием 10% ($\tau = 0.1$) и уровнем доверия 0.9 ($\alpha=0.1$). При $N < 7$ $n=N$.

N	8	9	10	11-12	13-14	15-17	18-20	21-24	25-29	30-37	38-49	50	∞
n	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	22

Таблица А-2. Отбор подгруппы рабочих для доли рабочих с наибольшим воздействием 10% ($\tau = 0.1$) и уровнем доверия 0.95 ($\alpha=0.05$). При $N < 11$ $n=N$.

N	12	13-14	15-16	17-18	19-21	22-24	25-27	28-31	32-35	36-41	42-50	∞
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	29

Таблица А-3. Отбор подгруппы рабочих для доли рабочих с наибольшим воздействием 20% ($\tau = 0.2$) и уровнем доверия 0.9 ($\alpha=0.1$). При $N \leq 5$ $n=N$.

N	6	7-9	10-14	15-26	27-50	∞
n	5	6	7	8	9	11

Таблица А-4. Отбор подгруппы рабочих для доли рабочих с наибольшим воздействием 20% ($\tau = 0.2$) и уровнем доверия 0.95 ($\alpha=0.05$). При $N \leq 6$ $n=N$.

N	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50	∞
n	6	7	8	9	10	11	12	14

Ссылки

A-1 Parzen E.: Modern Probability Theory and Its Application. John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y. 1960.

Техническое приложение В

Непостоянство воздействия в производственных группах, у которых ожидается схожий риск воздействия

В прошлом для определения воздействия на группу рабочих со схожим уровнем риска в промышленной гигиене было принято проводить измерения лишь у небольшой группы рабочих. Измеренные воздействия усредняли, и это усреднённое воздействие на небольшую подгруппу рабочих считали соответствующим воздействию на всю группу рабочих. Такой компромиссный способ проведения измерений объяснялся небольшим числом промышленных гигиенистов и ограниченными, небольшими возможностями для измерений воздействия на каждого из рабочих. Кроме того считалось, что в группе рабочих изменчивость средних воздействий небольшая, и что между средним значением и наибольшим и наименьшим воздействиями различие невелико.

Работа (В-1) внесла большой вклад в промышленную гигиену, так как показала, что описанная выше процедура (измерения воздействия) вносит неточность. В статье обсуждается отличие между максимальным среднесменным воздействием на отдельного рабочего, и средним значением среднесменного воздействия у группы рабочих. К сожалению, на эту статью не обратили внимания. Их работа имеет большое значение, так как Закон об охране труда от 1970г требует [раздел 6(b)7], чтобы Минтруда (США) разрабатывал стандарты по охране труда, которые " ... должны обеспечить наблюдение и измерение воздействий на сотрудников в таких местах и с такими интервалами, и такими способами, которые могут потребоваться для защиты (жизни и здоровья) сотрудников."

В (В-1) обнаружили, что распределение значений воздействия соответствует, в основном, логарифмически-нормальному закону распределения. Это распределение, и его использование при измерении производственных воздействий обсуждаются в (В-3) и (В-4). То, что в группе рабочих средние значения воздействий соответствуют логарифмически-нормальному распределению, приводит к важным последствиям. У группы рабочих, у которых (имеется) стандартное геометрическое отклонение средних воздействий GSD, значения средних воздействий на отдельных рабочих очень разнообразны, и могут отличаться на порядок. Отношение воздействия на 95%-го рабочего (такого рабочего, у которого среднее воздействие превышает 95% от средних воздействий на всех рабочих в группе) к среднему арифметическому воздействию в этой группе обычно составляет 2:1 ÷ 3:1. То есть, воздействие на 95%-го рабочего может составлять от 200 до 300% от среднего воздействия в группе.

На Фиг. В-1 графически показано распределение воздействий на рабочих в группе для разных значений параметров воздействия. Истинное среднее арифметическое воздействие μ со (средним геометрическим GM и стандартным геометрическим отклонением GSD) :

$$\mu = GM * \exp [0.5 (\ln GSD)^2], \text{ где}$$

μ - истинное среднее арифметическое воздействие в группе.

GM – истинное среднее геометрическое воздействие в группе (= воздействию на 50%-го рабочего)

GSD – истинное стандартное геометрическое отклонение для распределения воздействий в группе.

Эта формула использовалась для построения Фиг. В-1 и вычисления значений в таблице В-1. Во всех случаях, истинное среднее арифметическое значение в группе было постоянным - 100 ppm.

В (В-1) и (В-4) представлены таблицы, которые показывают, что значения GSD в группе рабочих обычно находятся в диапазоне от 1.5 до 2.5. Таблица В-1 показывает, что если считать, что у всех рабочих в группе воздействие равно среднему арифметическому, то воздействие у не менее 5% рабочих составит от 56 до 34% от реального воздействия на них (при GSD от 1.5 до 2.5)..

В такой ситуации некорректно считать, что воздействие на отдельных рабочих равно/схоже со средним воздействием на группу из всех сотрудников, так как среднее значение для всей группы значительно ниже максимальных значений воздействия на отдельных рабочих. Только при маленьких GSD у группы (~1.15, или меньше) можно считать, что воздействие на отдельных сотрудников соответствует среднему арифметическому воздействию на группу (с погрешностью меньше 20%). Но для определения GSD нужно сделать много измерений, и в подавляющем большинстве случаев GSD будет больше 1.15.

Фиг. В-1. Логарифмически-нормальное распределение производственного воздействия у группы рабочих со схожим ожидаемым воздействием. Разным прямым соответствуют разные GSD

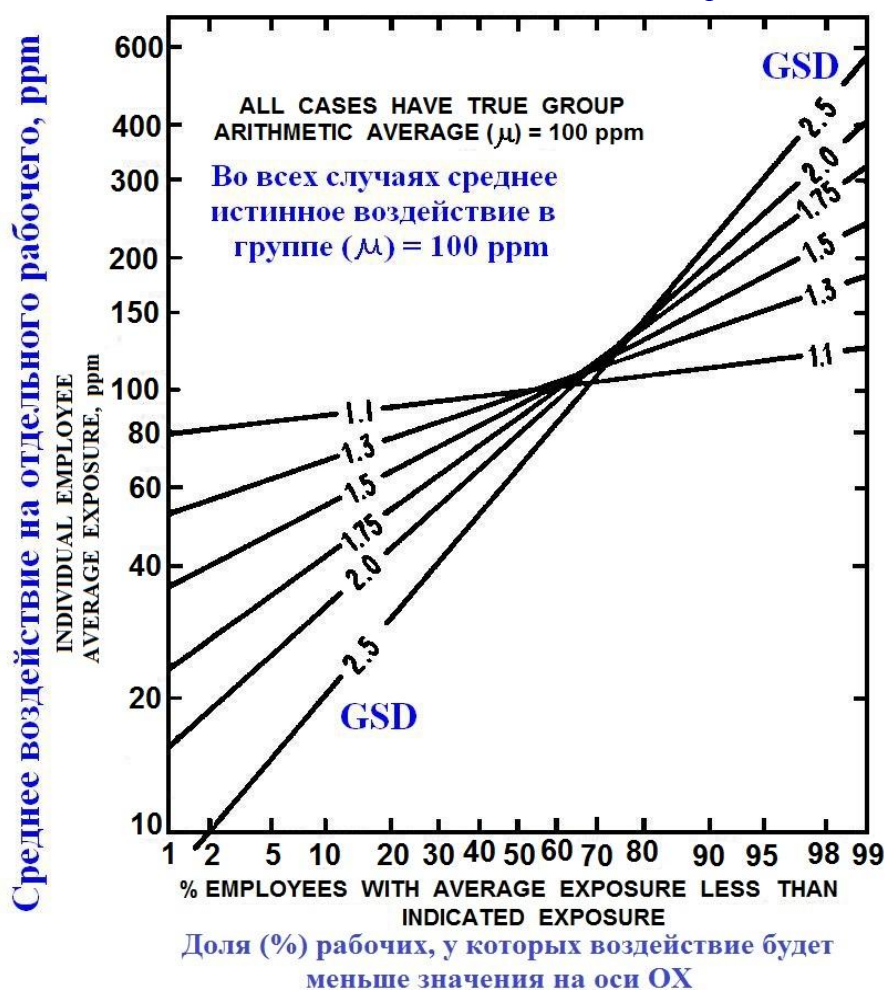


Figure B-1. Lognormal exposure distribution for an occupational group of similar expected exposure. Lines are for differing geometric standard deviations.

Таблица В-1. Наибольшие воздействия при логарифмически-нормальном распределении

GSD	GM, ppm	90%-е воздействие, ppm	95%-е воздействие, ppm	Отношение 95%-го воздействия к среднему в группе	Среднее воздействие в группе как доля (%) от 95%-го воздействия
1.1	99.5	112	116	1.16	86%
1.3	97	135	149	1.49	67%
1.5	92	155	179	1.79	56%
1.75	86	175	215	2.15	47%
2.0	79	191	246	2.46	41%
2.5	66	213	297	2.97	34%

Ссылки

B-1. Ayer H.E. and J. Burg: Time-Weighted Average vs. Maximum Personal Sample. Paper presented at the 1973 American Industrial Hygiene Conference in Boston, Mas.

B-2. Public Law 91-596, 91st Congress, December 29, 1970.

B-3. Leidel NA and Busch KA: Statistical Methods for the Determination of Non-compliance with Occupational Health Standards. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. (NIOSH) 75-159, Cincinnati, Ohio 45226, April 1975.

B-4. Leidel NA, KA Busch and WE Crouse: Exposure Measurement Action Level and Occupational Environmental Variability. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. (NIOSH) 76-131, Cincinnati, Ohio 45226, December 1975.

Техническое приложение С

Неадекватность использования измерения загрязнённости воздуха рабочей зоны для определения воздействия на рабочего

Существует три основных способа отбора проб воздуха в производственных условиях:

- Персональный. Пробоотборное устройство прикрепляется непосредственно к сотруднику, и он носит его непрерывно во время работы и отдыха.
- В зоне дыхания. Пробоотборное устройство переносится другим сотрудником, который старается отбирать пробу воздуха в зоне дыхания рабочего. Воздух зоны дыхания - это тот воздух, который максимально близок к вдыхаемому.
- Воздух рабочей зоны. Пробоотборный прибор устанавливается на постоянное место в производственном помещении.

Работа Breslin et al (С-1) часто цитируется как доказательство того, что измерение загрязнённости воздуха рабочей зоны позволяет точно определить среднесменное воздействие на рабочего. Но Breslin показал, что среднесменное воздействие вычислялось на основе измерений загрязнённости воздуха рабочей зоны (в разных местах), загрязнённости воздуха в зоне дыхания и сбора информации о продолжительности пребывания сотрудника в разных местах. Кроме того, в этой статье сказано:

"Полученные нами результаты измерения среднесменного воздействия являются наиболее точным результатом, который удалось получить нашей группе исследователей, и они основаны на проведении гораздо большего числа замеров, чем это бывает при проведении обычных производственных измерений". Наконец, авторы показали (Фиг. 4 в их статье), что диапазон изменения вычисленных (*измерявшихся*) значений воздействия ~ 40-кратный.

Другие специалисты обсуждали измерение загрязнённости воздуха рабочей зоны и измерений стационарными приборами. Sherwood (С-2) сделал вывод, что: "стационарные измерительные приборы могут сильно занижить воздействие на отдельных рабочих которые, вероятно, подвергаются воздействию загрязнений, попадающих в воздух в результате их деятельности". Также Sherwood (С-3) показал, что концентрация воздушных загрязнений, которые воздействуют на рабочего при выполнении конкретной работы, может изменяться в широком диапазоне (обычно - в 100 раз). Этот результат опровергает предположение о том, что можно ожидать, что при выполнении работы концентрация воздушных загрязнений может быть повсюду одинакова. Ayer and Burg в (С-4) также представили результаты, которые показывают, что измеренные концентрации очень разнообразны. Shulte (С-5) обнаружил, что (С-4) отношение средних результатов измерений персональных пробоотборников к результатам измерений стационарных приборов составляет 4:1 (*uranium graphite processing operation*).

Tebbens в (С-6) отметил, что Закон об охране труда декларирует, что политика конгресса направлена на то, чтобы "... каждый работающий мужчина или женщина были обеспечены, насколько это возможно, здоровыми и безопасными условиями труда", и это перенацеливает с измерения воздействий на группы на измерение воздействия на отдельных рабочих. Такая постановка вопроса отражена Федеральным законом об охране труда и технике безопасности на угольных шахтах от 1969г (*Federal Coal Minr Health and Safety Act of 1969*) (С-7) и требованиями к отбору проб для определения запылённости (*MESA Dust Sampling Requirements*) (С-8). Определение того, выполняются ли требования стандартов, ограничивающих воздействие пыли, производится почти исключительно с помощью персональных пробоотборников. Tebbins (С-6) также заявил: "Осознание того, что сильное непостоянство концентрации загрязнений в пространстве и по времени может привести к большим ошибкам привело к постепенному переходу на персональный отбор проб или дозиметрию, к прикреплению измерительного прибора к самому рабочему - так, что он носит его почти непрерывно, часто в течение всего рабочего дня".

Linch и его сотрудники сравнивали результаты измерений стационарных приборов и персональных пробоотборников при воздействии тетраалкил свинца (С-9), и монооксида углерода (С-10). Ни в одном из случаев они не обнаружили взаимосвязи между результатами измерений стационарных и персональных измерителей. В (С-9) Linch написал:



Figure 2-1.—Gravimetric sampling pump, cyclone, and filter cassette.

Фиг. 2.1 из пособия "Обеспыливание при добыче угля в шахах США" - Индивидуальный пробоотборный насос, циклон и кассета с фильтром, используемые для определения концентрации респиральной пыли

"... (результат), который показал, что стационарные приборы могут не определить реальную концентрацию вдыхаемых воздушных загрязнений свинца при очень непостоянной его концентрации в воздухе рабочей зоны показывает необходимость проведения экстенсивного обследования с помощью персональных пробоотборников".

"... стационарные приборы не позволяют получить достоверные результаты, необходимые для регулирования воздействия органических соединений свинца на основе анализа (загрязнённости) воздуха"

"... в тех случаях, когда анализ воздуха проводится для контролирования воздействия (на рабочих), наилучшим способом отбора проб является использование персональных пробоотборников"

В исследовании, когда определялось воздействие монооксида углерода на большом складе, в котором работали машины с ДВС, Linch and Pfaff (C-10) сделали вывод, что "только персональные пробоотборники позволяют определить реальное воздействие (на рабочих)".

В исследовании Varetta et al (C-11) был сделан вывод, что непрерывное измерение загрязнённости воздуха винилхлоридом с помощью стационарных приборов позволяет достоверно оценить воздействие на сотрудника. В этом исследовании проводилась обработка проб воздуха, взятых в разных местах, анализ проводился ИК-спектрофотометром, и затем результаты измерений обрабатывались компьютером. Как заметили в (C-1) Breslin et al, это исследование показало, что измерение загрязнённости воздуха рабочей зоны даёт неадекватную оценку воздействия на рабочих. Во-первых, требуется интенсивное и тщательное изучение характера выполнения работы, чтобы определить, в каких местах находится рабочий, и сколько времени он там проводит. Информация о изменчивости этих параметров (местах пребывания, и длительности пребывания там) для отдельных рабочих - не приводится. Также нет доверительных интервалов для доли рабочей смены, которую рабочие находятся в определённых местах. Во-вторых, требуется компьютер для анализа большого объёма информации и вычисления воздействия. В-третьих, для значений воздействия, вычисленных с помощью подробного изучения характера выполнения работы и непрерывного измерения концентрации загрязнений, не были получены доверительные интервалы. В-четвёртых, авторы заявили:

"Непрерывное измерение концентрации воздушных загрязнений требует значительных затрат - и времени, и (на) оборудование. Полученные результаты ограничиваются числом отобранных проб, а эти пробы не всегда точно определяют воздействие на сотрудника за день, особенно когда происходят необычные отклонения от обычного выполнения работы, например - проливание химикатов, или работа

в местах, где не проводится измерения загрязнённости воздуха"

Наконец, в проводившемся недавно исследовании NIOSH (C-12) приводятся результаты анализа исследования воздействия бериллия в 1973г. Сравнивались результаты оценок воздействия тремя разными способами: способ *Atomic Energy Commission* (АЕС), персональный отбор проб для измерения концентрации всей пыли, и персональный отбор проб для определения концентрации респиральной пыли. Метод АЕС использовал результаты измерений концентрации в воздухе рабочей зоны (длительностью 15 - 60 минут) и результаты измерений загрязнённости воздуха в зоне дыхания (длительностью 2 - 10 минут), а также изучение характера выполнения работы. Это позволяло вычислить средневзвешенное по времени воздействие в течение смены в течение периода 3 месяца. Два других способа отличались от метода АЕС тем, что рабочие носили пробоотборные устройства на себе в течение всей смены. В отчёте NIOSH (C-12) сказано, что для одного замера никаких достоверных взаимосвязей между результатами измерений тремя методами не обнаружилось. Но оказалось, что при проведении большого числа замеров в схожих условиях, когда метод АЕС показывал концентрацию бериллия 2 мкг/м³, персональный измеритель концентрации всей пыли показывал концентрацию 3 мкг/м³. То есть - в среднем - персональный пробоотборник давал результат, примерно на 50% больший, чем метод АЕС, который использовал измерение загрязнённости воздуха рабочей зоны.

Поэтому целью рекомендаций NIOSH, относящихся к требованиям OSHA, является то, что работодатель должен обычно использовать для измерения воздействия на рабочих или персональные пробоотборники, или отбор проб воздуха в зоне дыхания (*спереди лица на расстоянии не более 25 см*). (А чтобы использовать измерений загрязнённости воздуха рабочей зоны как способ определения воздействия на рабочего) нужно (сначала) показать, что такие измерения позволяют определить воздействие на рабочего так же точно, как и использование персональных пробоотборников или отбор проб воздуха в зоне дыхания.

Ссылки

- C-1. Breslin AJ, Ong L, H Glauberman, AC Gejrge and P LeClare:** The Accuracy of Dust Exposure Estimates Obtained from Conventional Air Sampling. *American Industrial Hygiene Association Journal* 28:56-61, 1967.
- C-2. Sherwood RJ:** On the Interpretation of Air Sampling for Radioactive Particles. *American Industrial Hygiene Association Journal* 27:98-109, 1966.
- C-3. Sherwood RJ:** The monitoring of Benzene Exposure by Air Sampling. *American Industrial Hygiene Association Journal* 32:840-846, 1971.
- C-4. Ayer HE and J Burg:** Time-Weighted Average vs. Maximum Personal Sample. Paper presented at the 1973 American Industrial Hygiene Conference in Boston, Mas.
- C-5. Schulte HF:** Personnel Sampling and Multiple Stage Sampling. Paper presented at ENEA Symposium on Radiation Dose Measurements, Stockholm, Sweden, June 12-16, 1987
- C-6. Tebbins BD:** Personal Dosimetry Versus Environmental Monitoring. *Journal of Occupational Medicine*, 15:639-641, 1973.
- C-7. Federal Coal Mine Health and Safety Act of 1969.** Bureau of Mines, US Department of the Interior, PL 91-173, December 30, 1969.
- C-8. Schlick DP and RG Peluso:** Respirable Dust Sampling Requirements Under the Federal Coal Mine Health and Safety Act of 1969. Bureau of Mines, US Department of the Interior, publication I. C. 8484, July 1970
- C-9. Linch AL, EG Wiest and MD Carter:** Evaluation of Tetraalcyll Lead Exposure by Personal Monitor Surveys. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 31:170-179, 1970.
- C-10. Linch AL and HV Pfaff:** Carbon Monoxide Evaluation of Exposure Potential by Personal Monitor Surveys. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 32:745-752, 1971.
- C-11. Baretta BD, RD Steward and JE Mutcher:** Monitoring Exposure to Vinyl Chloride Vapor: Breath Analysis and Continuous Air Sampling. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 30:537-544, 1969.
- C-12. Donaldson HM and WT Stringer:** Beryllium Sampling Methods. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. (NIOSH) 76-201, Cincinnati, Ohio 45226, July 1976.

Техническое приложение D

Коэффициенты изменчивости и требования к точности методов отбора проб и их анализа при их применении в промышленной гигиене

Обычно для описания нормального распределения (как, например, случайного распределения ошибок, которые происходят при отборе проб и их анализе в промышленной гигиене) используют коэффициент изменчивости (*coefficient of variation CV*). Эту величину также называют относительным стандартным отклонением (*relative standard deviation RSD*). Значение CV является полезным показателем дисперсии/рассеивания в границах, отстоящих от истинного среднего значения в большую и меньшую (\pm) стороны. Около 95% результатов измерений будет находиться в пределах $\pm 2 * CV$. Таким образом, если для измерения используется способ анализа, у которого при неоднократных измерениях одной и той же величины $CV = 10\%$ (например - при измерении концентрации химического вещества в растворе), то около 95% результатов измерений окажутся в диапазоне ± 20 ($2 * CV$) от реальной концентрации.

Требования к точности измерения концентрации воздушных загрязнений в стандартах по охране труда OSHA учитывают 1) случайную изменчивость результатов измерений пробоотборного устройства, 2) случайную изменчивость анализа отобранных проб, 3) систематические ошибки метода отбора проб, и 4) систематические ошибки методов анализа.

В стандартах OSHA и настоящем руководстве термин "точность" (*accuracy*) относится к отличию между измеренной концентрацией и истинной концентрацией загрязнений. Таким образом, этот термин включает в себя случайную изменчивость - отличие отдельных результатов от среднего значения (полученного тем же методом); и систематическое отклонение - отличие между средним значением, которое получено с помощью этого метода, и истинным средним значением (реальной концентрацией). (Но) термин "точность" не относится к отличию между измеренной концентрацией и истинным воздействием на рабочего. Последние отличаются из-за того, что концентрация в месте расположения измерительного прибора отличается от концентрации у рта и носа, и из-за того, что (не всегда) замеры проводятся в течение всей рабочей смены. Это отличие зависит от положения пробоотборного прибора по отношению к зоне дыхания, и метода отбора проб - числа замеров и их длительности (см. главу 3).

В стандартах OSHA сказано, что у точности метода должен быть уровень доверия 95%. Это означает, что точность у 95% замеров должна быть такой, которая указана для этого метода в стандарте. Если кто-то считает, что у метода измерений нет (систематичной) погрешности, и что значения погрешностей соответствуют нормальному распределению, то (CV этого метода) можно использовать для проверки того, соответствует ли точность этого метода требованиям. По определению, CV (%) - это стандартное отклонение метода, умноженное на 100 и разделенное на истинное значение. Полный CVt метода отбора проб и анализа получается делением требуемой точности на 1.96 (статистический параметр для нормального распределения для 95% двусторонних доверительных границ, он также называется параметр z). Типичные требуемые CV должны быть:

Концентрация	Требуемая точность (\pm)	Требуемый CVt
Выше 1 ПДК	25%	< 12.8%
Выше уровня реагирования, но ниже или равна 1 ПДК	35%	< 17.9%
Ниже или равна уровню реагирования	50%	< 25.5%

Статистические методы принятия решения в Главе 4 используют именно CVt. В таблице D-1 приводится список некоторых CVt для определённых методов отбора проб и их анализа NIOSH. Если для химического вещества не указан конкретный метод, то можно (с осторожностью) использовать (средние) коэффициенты изменчивости из таблицы D-2. Значения в таблицах D-1 и D-2 применимы только к тем лабораториям, в которых проводятся адекватные калибровка и техобслуживание измерительного оборудования (например - насосов) и имеются программы контроля качества.

Значения CVt в таблице D-1 взяты в *NIOSH Measurement Research Branch*, и получены по контракту *CDC-99-74-45 Laboratory Validation of Air Sampling Methods Used to Determine Environmental Concentration in Work Places*, 26 июня 1974 - 30 июля 1976. Также дополнительная работа в этой области была проведена Recker and Sachdew (D-1) по контракту с NIOSH *HSM 99-72-98*.

Если лаборатория сообщила о коэффициенте изменчивости, который отличается от приведённого в таблице D-1 или D-2, то лучше использовать вычисленные значения CVt. Важно понимать, что (компоненты) CV нельзя просто складывать для получения значения полного коэффициента, а что они дают CVt как квадратный корень из суммы квадратов компонент. Обычно CVt состоит из двух компонент - CVp пробоотборного насоса и CVa аналитического метода. То есть, CVt вычисляется по формуле:

$$CVt = \sqrt{[(CVp)^2 + (CVa)^2]}, \text{ где}$$

CVp – это коэффициент изменчивости пробоотборного насоса, а

CVa - это коэффициент изменчивости аналитического метода.

Пример.

Трубки с активированным углём используются для отбора проб ацетона, и затем отправляются в местную лабораторию для анализа. Лаборатория сообщила, что её CVa для ацетона при его улавливания трубками с активированным углём 0.09. Значение CVt вычисляется как:

$$CVt = \sqrt{[(0.05)^2 + (0.09)^2]}$$

Другой пример для отбора проб угольной пыли в угольной шахте приводится в (D-2).

Таблица D-1. Полные коэффициенты изменчивости для некоторых способов NIOSH отбора проб и их анализа

Вещество	CVt	№ метода NIOSH	Вещество	CVt	№ метода NIOSH
Уксусный ангидрид	0.06	S170	Изоамиловый спирт	0.08	S58
Ацетон	0.08	S1	Изобутилацетат	0.07	S44
Ацетонитрил	0.07	S165	Изобутиловый спирт	0.07	S64
Ацетилен тетрабромид	0.10	S117	Изофорон	0.06	S367
Акрилонитрил	0.07	S156	Изопропилацетат	0.07	S50
Аллил алкоголя	0.11	S52	Изопропиловый спирт	0.06	S65
Хлористый аллил	0.07	S116	Изопропиламин	0.07	S147
Альфа-метилстирол	0.05	S26	Изопропиловый глицидилэфир	0.07	S77
н-амилацетат	0.05	S51	Кетен	0.06	S92
сек-амил ацетат	0.07	S31	Свинец и его неорганические соединения	0.07	S341
Сурьма и её соединения (Sb)	0.09	S2	Сжиженный нефтяной газ	0.05	S93
Мышьяк и соединения (As)	0.06	S309	Дым оксида марганца	0.06	S369
Арсин	0.06	S229	Марганец и его соединения (Mn)	0.06	S5
Асбест	0.24-0.36	P&CAM239	Мезитил оксид	0.07	S12
Барий, растворимые соединения	0.05	S198	Метилацетат	0.06	S42
Бензилхлорид	0.10	S115	Метилакрилат	0.07	S38
Бериллий и соединения (Be)	0.06	S339	Метиловый спирт	0.06	S59
Бутадиен	0.06	S91	Метил-(н-амил) кетон	0.07	S1
2-бутанон	0.07	S3	метил "Cellosolve"	0.07	S79
2-бутоксизтанол	0.06	S76	метил "Cellosolve" ацетат	0.07	S39
Бутилацетат	0.07	S47	Метилхлороформ	0.05	S328
сек-бутилацетат	0.05	S46	Мтилциклогексан	0.05	S94
трет-бутилацетат	0.09	S32	5-метил-3-гептанон	0.10	S13
Бутиловый спирт	0.07	S66	Метиловый иодид	0.07	S98
Втор-бутиловый спирт	0.07	S53	Метиловый изоамилацетат	0.06	S37
трет-бутиловый спирт	0.08	S63	Метилизобутиловый карбинол	0.08	S60
н-бутилглицидиловый эфир	0.07	S81	Метилметакрилат	0.13	S43
п-тетр-бутилтолуол	0.07	S22	Метилаль (диметоксиметан)	0.06	S71
Оксид кальция	0.06	S205	альфа-метилстирол	0.05	S26

Камфара	0.07	S10	Молибден, растворимые соединения	0.09	S193
Карбарил (севин)	0.06	S273	Монометил анилина	0.09	S153
Четырёххлористый углерод	0.09	S314	Морфолин	0.06	S150
Хлорированный камфен	0.08	S67	<i>Naphta</i> , каменноугольная смола	0.05	S86
Хлорбензол	0.06	S133	Нафталин	0.05	S292
Хлорбромметан	0.06	S113	Никель, металл и растворимые соединения	0.06	S206
Хлордифенил (54% хлора)	0.06	S121	Никотин	0.07	S293
Хлороформ	0.06	S351	Нитробензол	0.06	S217
Хромовая кислота и хроматы	0.08	S317	p-нитрохлорбензол	0.10	S218
Хром, металл и нерастворимые соединения	0.08	S352	Нитротолуол	0.06	S223
Хром, растворимые (соединения) и соли (Cr)	0.08*	S323	Октахлорнафталин	0.07	S97
Пыль и туман меди	0.05	S186	Октан	0.06	S378
Крезол (все изомеры)	0.07	S167	Озон (<i>alkaline MI</i>)	0.08	S8
Кумола	0.06	S23	Паратион	0.08	S295
Цианиды (Сn)	0.10	S250	Пентан	0.05	S379
Циклогексан	0.07	S28	2-пентанон	0.06	S20
Циклогексанол	0.08	S54	Нефтяной дистиллят (нафта)	0.05	S380
Циклогексанон	0.06	S19	Фенол	0.07	S330
Циклогексен	0.07	S82	Фениловый эфир	0.07	S72
Диацетоновый спирт	0.10	S55	Смесь <i>phenyl ether-biphenyl</i>	0.09	S73
Диазометан	0.08	S137	Фенилглицидиловый эфир	0.06	S74
Дибутилфталат	0.05	S33	Фенилгидразин	0.06	S160
o-дихлорбензол	0.07	S135	Фосфорная кислота	0.06	S333
p-дихлорбензол	0.05	S281	Фталевый ангидрид	0.09	S179
1,1-дихлорэтан	0.06	S123	Платина, растворимые соли	0.06	S191
1,2-дихлорэтилен	0.05	S110	Пропан	0.05	S87
1,1-дихлор-1-нитроэтан	0.05	S213	n-пропилацетат	0.06	S48
Диэтиламин	0.07	S139	Пропиловый спирт	0.08	S62
Ди-2-этилгексил фталат	0.06	S40	Пропилендихлорид	0.06	S95
Дихлордифтор метан	0.09	S107	Пропилен оксид	0.08	S75
Диизобутил кетон	0.07	S358	n-пропил нитрат	0.05	S227
Диметилацетамид	0.07	S254	Пиридин	0.06	S161
Диметиламин	0.06	S142	Родий, пыль и дым металла	0.08	S188
Диметиланилин	0.05	S164	Родий, растворимые соли	0.07	S189
Диметилформамид	0.06	S255	Соединения селения	0.09	S190
Диоксан	0.05	S360	Растворитель Стоддарда	0.05	S382
Метилового эфира пропиленгликоля ди-втор-октил фталат	0.06	S69	Стирол	0.06	S30
Эпихлоргидрин	0.06	S118	Серная кислота	0.08	S174
2-этоксиэтил ацетат	0.06	S41	Терфенил	0.06	S204
Этилацетат	0.06	S49	Теллурий	0.05	S187
Этилакрилат	0.05	S35	Теллурия гексафторид	0.10	S27
Этиловый спирт	0.06	S56	1,1,1,2-тетрахлор-2,2-дифторэтан	0.07	S131
Этилбензол	0.04	S29	1,1,2,2-тетрахлор-1,2-дифторэтан	0.05	S132
Этилбромид	0.05	S106	1,1,2,2-тетрахлорэтан	0.06	S124

Бутил этиловый кетон	0.09	S16	Тетрагидрофуран	0.06	S78
Этиловый эфир	0.05	S80	Тетранитрометан	0.08	S224
Этилформиат	0.08	S36	Тетрил	0.06	S225
Этилсиликат	0.06	S264	Галлий, растворимые соединения (Tl)	0.06	S306
Этиламин	0.11	S144	Олово, неорганические соединения кроме оксидов	0.06	S185
Этиленхлоргидрин	0.08	S103	Пыль диоксида титана	0.11	S385
Этилендихлорид	0.08	S122	о-Толуидин	0.06	S168
Динитрат гликоля этилена	0.10	S216	Трибутилфосфат	0.08	S208
Динитрат этиленгликоля	0.10	S286	1,1,2-Трихлорэтан	0.06	S134
Оксид этилена	0.10	S146	Трихлорэтилен	0.08	S336
N-этилморфолин	0.06	S70	1,2,3-Трихлорпропан	0.07	S126
Глицидол	0.06	S89	1,1,2-трихлор-1,2,2-трифторэтана	0.07	S129
Гептан	0.06	S100	Трифлюоробромметан	0.06	S125
<i>hexachloronaphthalene</i>	0.06	S90	Трикрезилфосфат	0.07	S209
Гексан	0.05	S178	Трифенилфосфат	0.07	S210
2-гексанон	0.06	S18	Скипидар	0.05	S88
Гидразин	0.09	S237	Винилхлорид	0.08	-
Бромистый водород	0.07	S175	Винилтолуол	0.06	S25
Хлористый водород	0.06	S246	Ксилидин	0.06	S162
Фтористый водород	0.06	S176	Иттрий	0.05	S200
Сероводород	0.12	S4	Соединения циркония (Zr)	0.05	S185
Изоамилацетат	0.06	S45			

Таблица D-2. Коэффициенты изменчивости для некоторых способов отбора проб и анализа.

Способ отбора проб и анализа	CV	Источник
Индикаторные трубки	0.14	A
Ротамер пробоотборного насоса (CV - только для отбора проб)	0.05	B
Трубки с активированным углём	0.10	C
Асбест (отбор проб и подсчёт)	0.24-0.38	D
Респирабельная пыль (не угольная) / отбор проб и взвешивание	0.09	E
Вся пыль (<i>gross dust</i>)	0.05	E

A - Leidel and KA Busch: Statistical Methods for the Determination of Non-compliance with Occupational Health Standards. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. 75-159, Cincinnati, Ohio.

B - Оценка *NIOSH Engineering Branch* основывается на типичной калибровке насосов с расходом от 1.5 до 3.0 литров в минуту.

C - Это консервативная оценка, сделанная авторами. Проведившаяся недавно работа (контракт CDC-99-74-45) показала, что типичные CVt - от 0.05 до 0.09.

D - Leidel NA, SG Bauer, RD Zumwalde and KA Busch: USPHS/NIOSH Membrane Filter Method for Evaluating Airborne Asbestos Fibres, NIOSH Technical Information Report, Cincinnati Ohio 45226 (будет опубликован 1977).

E - Оценка *NIOSH Engineering Branch* основывается на использовании насосов с расходом от 1.5 до 3.0 литров в минуту, и улавливании не менее 1 мг вещества.

Ссылки

D-1. Recker LR and Sachdew: Collaborative Testing of Activated Charcoal Sampling Tubes for Seven Organic Solvents. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. (NIOSH) 75-184, Cincinnati, Ohio 45226, 1975.

D-2. Leidel and KA Busch: Comments - Statistical Methods for the Determination of Non-compliance with Occupational Health Standards. American Industrial Hygiene Association Journal. 36:839-840, 1975.

Техническое приложение Е

Влияние числа замеров на демонстрацию того, выполняются ли требования стандартов по охране труда

Подтверждение выполнения требований стандартов

Отбор проб в течение всего периода - один замер, и серия последовательных замеров

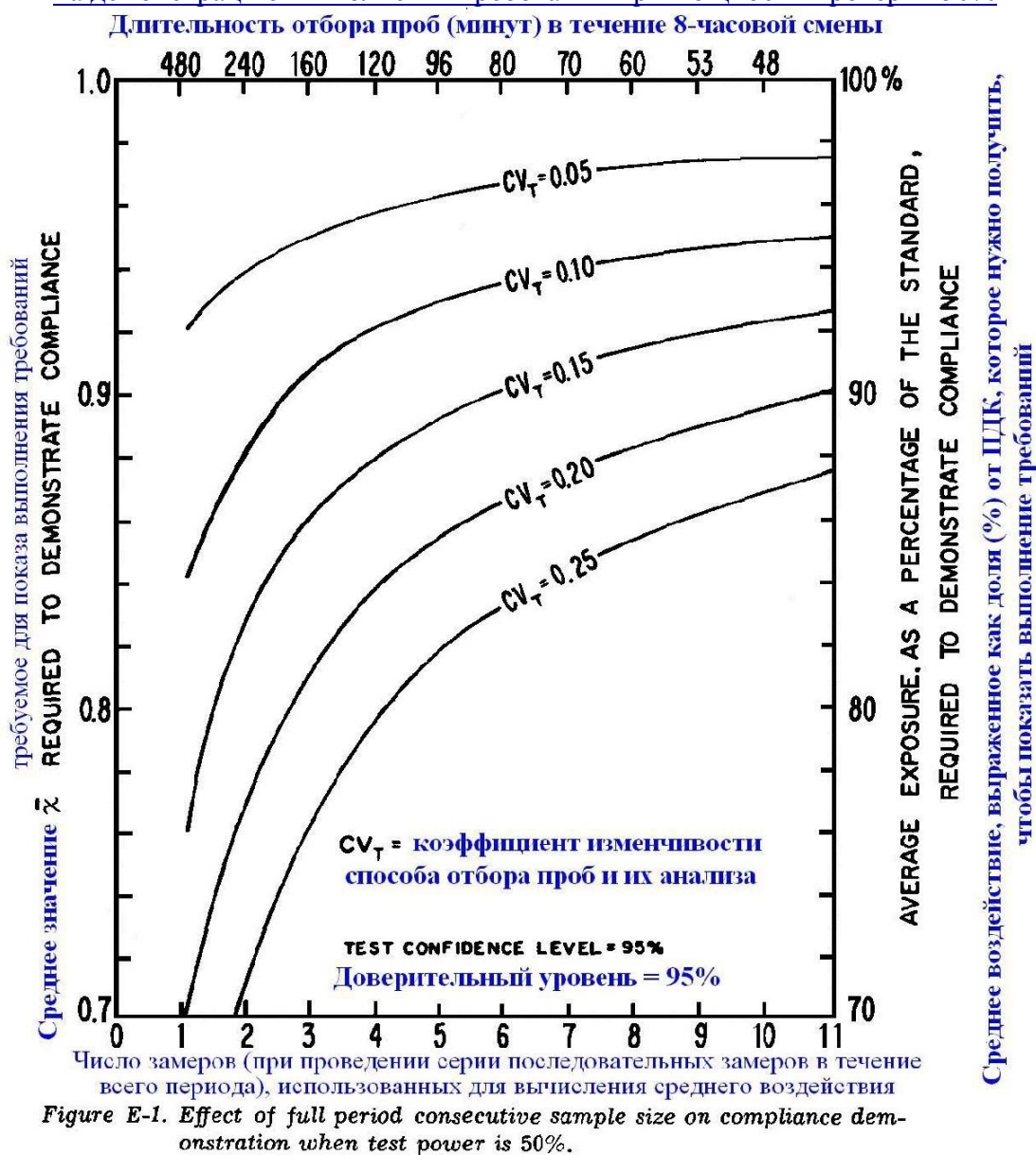
Чтобы определить, как количество измерений влияет на демонстрацию того, что выполняются установленные стандартами по охране труда ограничения, можно использовать уравнение для верхнего 95% доверительного интервала (UCL), приведённое в разделе 4.2.2. На Фиг. Е-1 показано стандартизованное среднее воздействие \bar{x} , которое требуется для того, чтобы показать, что требования выполняются, как функция от числа замеров.

$\bar{x} = 1 - (1.645) * (CV_t) / \sqrt{n}$, где

CV_t – коэффициент изменчивости способов отбора проб и анализа (см. техническое приложение D).

n - число последовательных замеров.

Фиг. Е-1. Влияние числа последовательных замеров, охватывающих весь период, на демонстрацию выполнения требований при мощности проверки 50%



Замечание: для истинной концентрации, равной этой величине (значения принятия решения способа проверки) "мощность" (power) проверки составляет 50% (см. Техническое приложение J).

Фиг. Е-1 также можно использовать для того, чтобы показать влияние последовательных отборов проб, если предполагается, что воздействие в те интервалы времени, когда отбор проб не проводился, равно вычисленному воздействию в те интервалы времени, когда замеры проводились. Но перед использованием процедуры нужно посмотреть разделы 3.3.3 и 3.4.

Фиг. Е-2. Влияние числа кратковременных замеров на демонстрацию выполнения требований

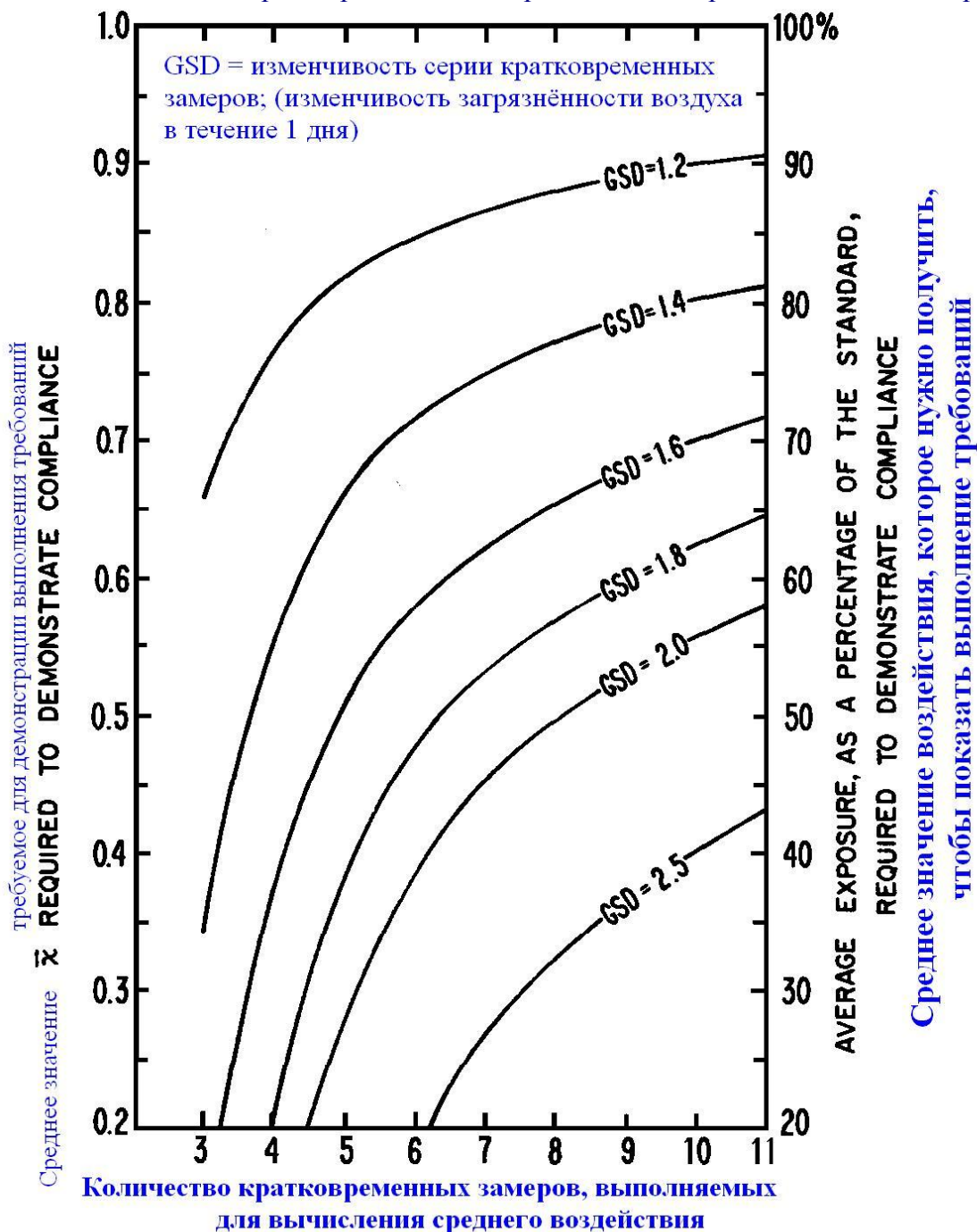


Figure E-2. Effect of grab sample size on compliance demonstration.

Проведение серии кратковременных замеров

В разделах 3.3.4 и 3.4 дано определение и показано применение измерения воздействия с помощью серии кратковременных замеров. На Фиг. 4.3 в разделе 4.2.3 показано влияние числа замеров при выполнении серии кратковременных замеров на демонстрацию выполнения требований. Нижнее семейство кривых (между "Возможным чрезмерным воздействием" и "Выполнением требований") используется для вычисления максимального среднего воздействия, которое позволяет (показать, что) требования выполняются. Предполагая, что (существует) несколько разных стандартных геометрических отклонений GSD у изменчивости в течение одного дня, и они преобразовываются в стандартные отклонения значений логарифмических концентраций: $s = \text{Log}_{10}(\text{GSD})$

Значение \bar{y} получается по графику Фиг. 4.3, раздел 4.2.3, для каждого из выбранных значений количества замеров n . Затем \bar{y} преобразовывается в стандартизованное среднее арифметическое воздействие \bar{x} : $\bar{x} = [\text{antilog}_{10}(\bar{y})] * [\exp\{ 0.5 * (\text{Ln GSD})^2 \}]$

Написанное выше (правильно) только если истинное GSD равно измеренному GSD, но такое приближённое вычисление полезно для оценки влияния числа измерений, показанного на Фиг. E-2.

Подтверждение нарушения требований

В (E-1) обсуждали - как влияет число замеров на (выполнение) требования - продемонстрировать нарушение. [Фиг. E-3, E-4 и E-5 взяты из (E-1)]. Для вычислений и построения графиков на Фиг. E-3 и E-4 использовались уравнения, схожие с уравнениями, приведёнными в этом приложении ранее.

Фиг. E-3. Влияние числа последовательных замеров, охватывающих весь период, на демонстрацию нарушения требований при мощности (*power*) проверки 50%

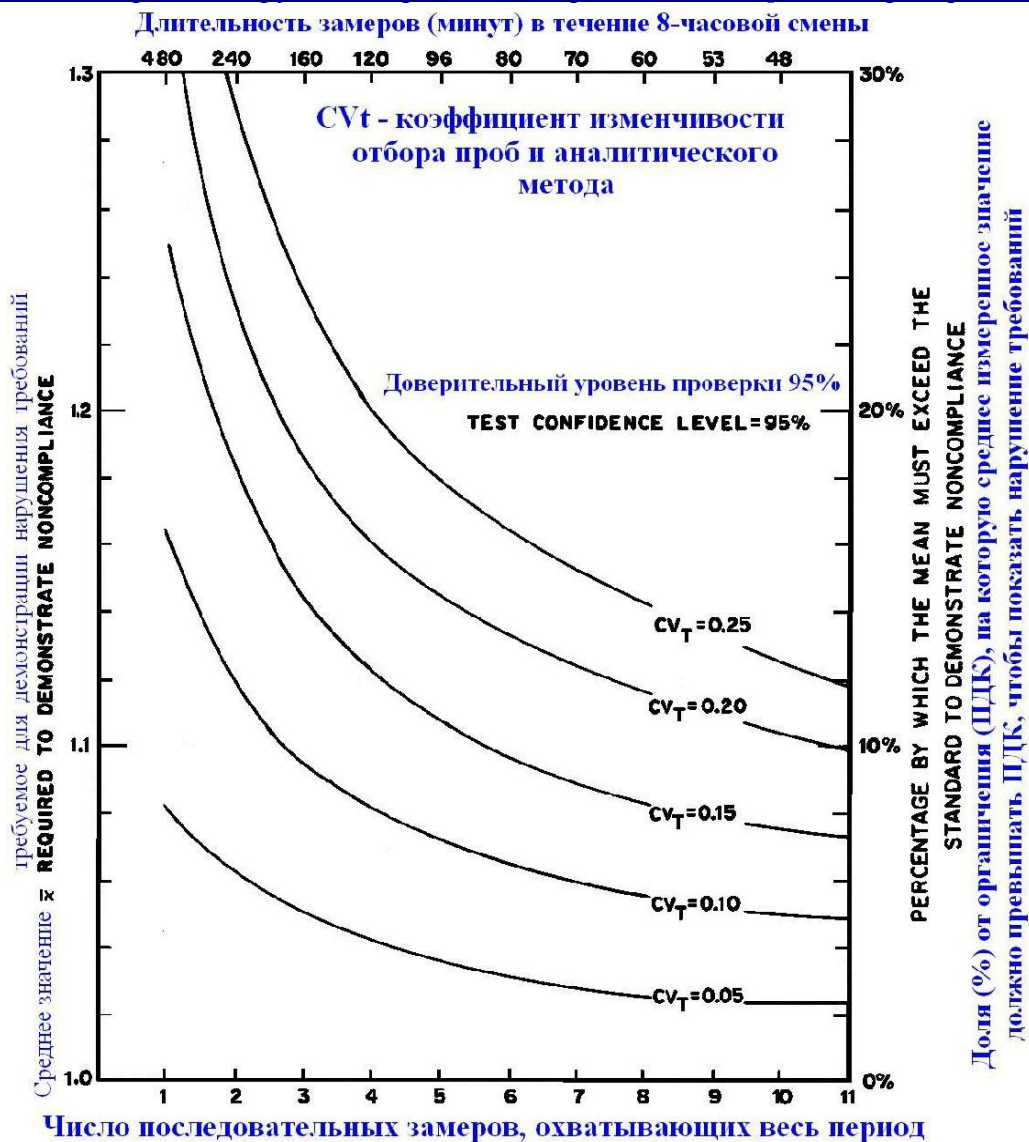


Figure E-3. Effect of full period consecutive sample size on noncompliance demonstration when test power is 50%.

Последовательные измерения в течение всего периода

Фиг. E-4 для последовательных измерений в течение всего периода показывает, что - чисто со статистической точки зрения - подходящее число замеров должно быть от 4 до 7. Но также нужно учитывать практическую осуществимость и затраты. В большинстве случаев, при проведении длительного непрерывного измерения его продолжительность не может продолжаться более 4 часов (1 замер). Поэтому (для обычной 8-часовой смены) при проведении последовательных замеров в большинстве случаев будет получено не менее 2 результатов (в течение всей смены).

Если специалист использует способ отбора проб и их анализа с $CV_t = 10\%$, то на Фиг. Е-3 показано, какое среднее стандартизованное значение воздействия \bar{x} необходимо для того, чтобы показать уменьшение нарушения: ≥ 1.12 для двух замеров, и ≥ 1.06 для семи замеров. При выполнении двух замеров мы можем показать нарушение требований, если среднее измеренное значение превышает ограничение (ПДК) на 12%. А при выполнении 7 замеров мы можем продемонстрировать нарушение требований, если среднее измеренное значение превышает ограничение на 6%. Погрешность измерения среднесменного воздействия TWA можно снизить ещё сильнее, если сделать ещё больше измерений - но обычно (такое) увеличение числа замеров не оправдано.

Теоретически, увеличение числа замеров оправдано (приносит пользу), но при учёте большого увеличения затрат (особенно - при точном анализе) (такие) преимущества оказываются незначительными. Поэтому мы можем сделать вывод, что два последовательных замера в течение всего периода (каждый примерно по 4 часа для 8-часовой ПДК) обычно является наилучшим числом - как указано в разделе 3.4.

Фиг. Е-4. Влияние числа кратковременных замеров на показ демонстрацию нарушения требований. Показаны результаты для трёх значений GSD, отражающих разную изменчивость загрязнённости воздуха в течение одного дня.

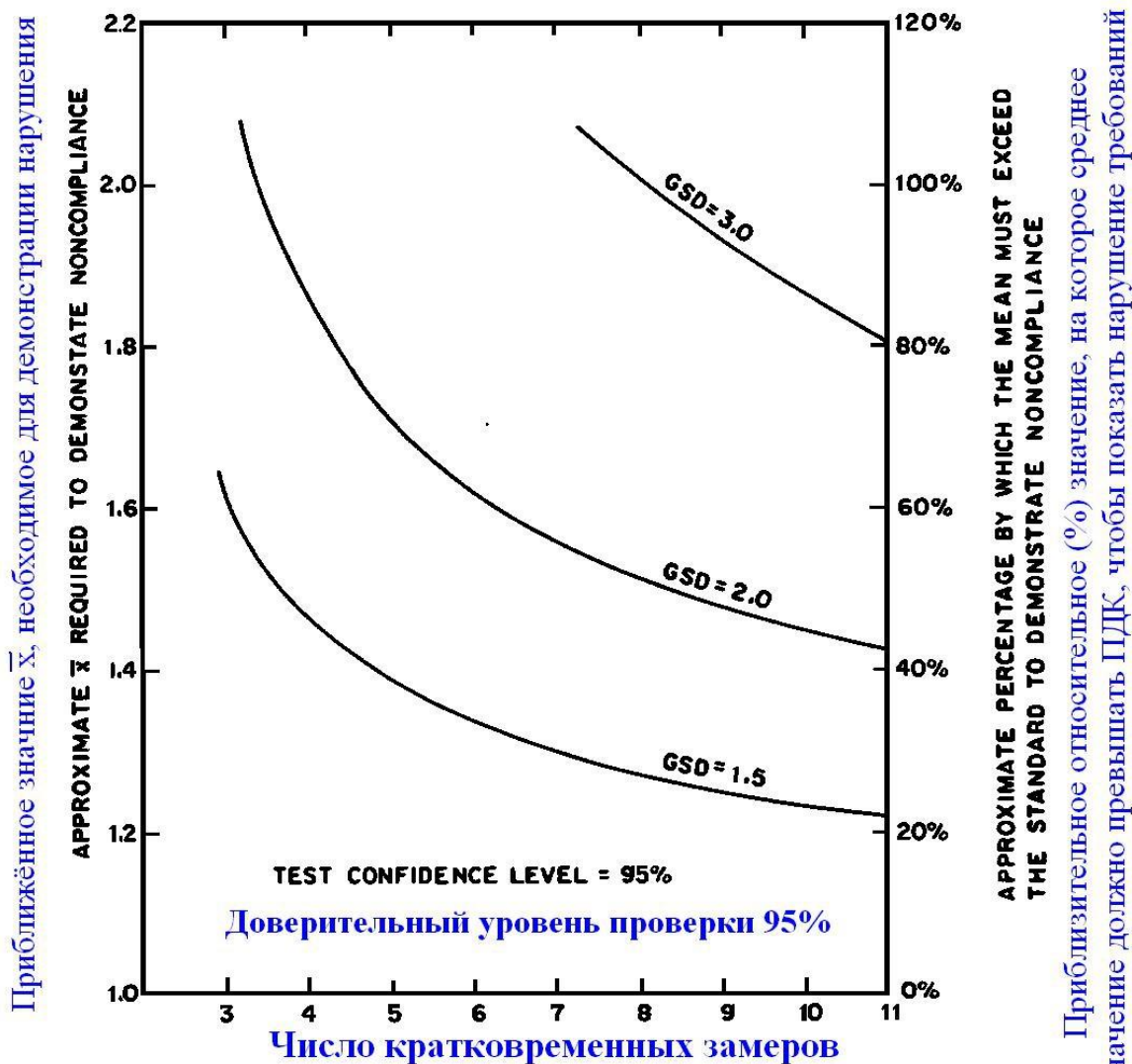


Figure E-4. Effect of grab sample size on noncompliance demonstration. Three different data geometric standard deviations (GSD) are shown that reflect the amount of intraday variation in the environment.

Серия кратковременных измерений

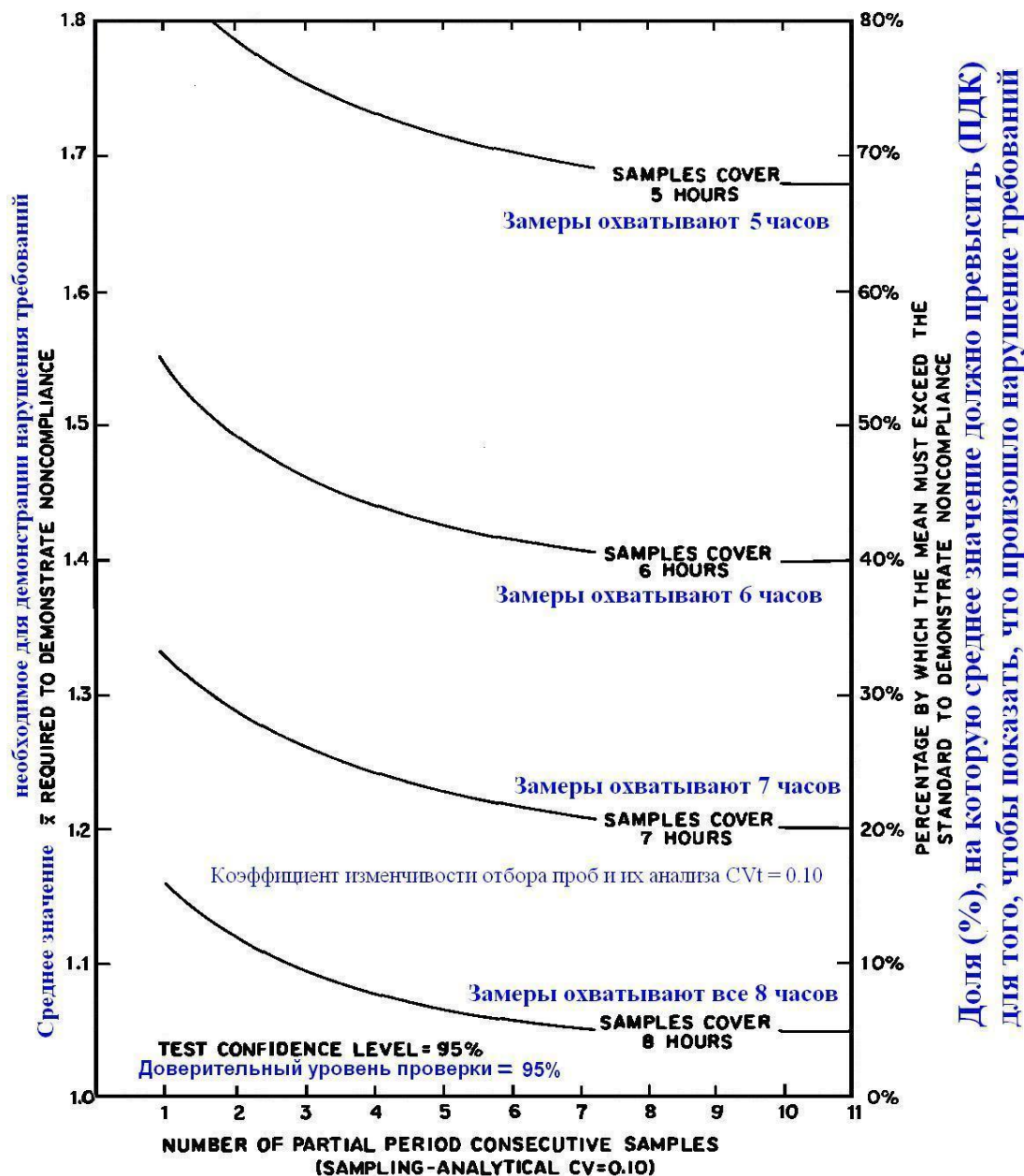
Если при выполнении серии кратковременных замеров из будет меньше, чем 4, то для того, чтобы показать, что нарушаются требования, потребуется очень большое значение \bar{x} . На Фиг. Е-4 показано, что после определённого момента увеличение числа замеров для повышения точности перестает приносить заметную выгоду (больше 7) - как и при проведении нескольких последовательных замеров в течение

всего периода. Но поскольку (при проведении серии кратковременных замеров) случайная изменчивость средних значений результатов измерений обычно гораздо больше, чем для того же числа (не кратковременных) замеров, охватывающих весь период, то специалист может захотеть сделать во много раз больше (кратковременных замеров), а не семь - чтобы при определении среднесменных воздействий (их) изменчивость была меньше. У нас есть статистические критерии, которые позволяют снизить затраты при проведении измерений, но так, что уровень доверия к (таким) результатам получается предсказуемым. При проверке нарушения требований, наиболее подходящее число кратковременных замеров для данного периода - между 4 и 7. Заметим, что это меньше рекомендуемых $8 \div 11$ кратковременных замеров, необходимых чтобы показать, что требования выполняются.

Последовательные замеры, охватывающие часть периода

На Фиг. Е-5 (на следующей странице) показано влияние числа замеров при проведении серии последовательных замеров, охватывающих часть периода - когда нужно показать, что требования выполняются. [Замечание: эта процедура неприменима, когда нужно продемонстрировать выполнение требований, как обсуждалось в 3.4(3)]. Графики построены для типичного коэффициента изменчивости $CV_t = 0.1$. Нижняя кривая (для 8-часового интервала измерений) точно соответствует кривой на Фиг. Е-3. Проведение серии последовательных замеров в течение неполного периода является компромиссом между более предпочтительным отбором проб в течение всего периода, и серией кратковременных замеров (что наименее желательно). Заметим, что кривая с $GSD = 2.5$ на Фиг. Е-4 примерно соответствует кривой для интервала измерений 5.5 часов на Фиг. Е-5. Поэтому, если специалист не может проводить серию последовательных измерений так, чтобы они охватывали не менее 70% от периода времени (для которого установлена ПДК, например - 5.5 часов для 8-часовой среднесменной ПДК), то для выявления нарушения требований лучше использовать серию кратковременных замеров.

Фиг. Е-5. Влияние количества последовательных замеров, охватывающих часть периода, и влияние полной продолжительности всех замеров на показ нарушения требований при мощности (*power*) проверки 50%



Число последовательных замеров, охватывающих часть периода

Figure E-5. Effect of partial period consecutive sample size and total time covered by all samples on noncompliance demonstration when test power is 50%.

Ссылки

E-1. Leidel NA and Busch KA: Statistical Methods for the Determination of Non-compliance with Occupational Health Standards. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. (NIOSH) 75-159, Cincinnati, Ohio 45226, April 1975.

Техническое приложение F

Выбор случайных интервалов времени

в пределах 8-часовой смены

Для выбора случайных интервалов поступите следующим образом:

1. Поделите весь период времени на n взаимоисключающих интервалов (взаимно не перекрывающихся) так, чтобы их общая длительность была равна периоду (к которому относится установленное стандартом ограничение, например - 8 часов). Число n равно отношению P/s , где P - период, а s - длительность интервала времени проведения замера.

Например, если стандарт ограничивает среднесменное воздействие за 8 часов, а продолжительность отбора проб 15 минут, то существует 32 возможных интервала, из которых можно случайным образом выбрать необходимое количество.

2. Перенумеруйте интервалы последовательно: 1, 2, 3 ... n . Например, для 8-часовой смены, начинающейся в 8^{00} и заканчивающейся в 16^{30} с перерывом на обед $12^{00} - 12^{30}$, можно определить такие интервалы:

Номер интервала	Интервал
1	$8^{00} - 8^{15}$
2	$8^{15} - 8^{30}$
3	$8^{30} - 8^{45}$
...	
15	$11^{30} - 11^{45}$
16	$11^{45} - 12^{00}$
17	$12^{30} - 12^{45}$
18	$12^{45} - 13^{00}$
...	
31	$16^{00} - 16^{15}$
32	$16^{15} - 16^{30}$

3. Затем используйте таблицу случайных чисел, например - F-1 (на следующей странице), для выбора требуемого количества интервалов. Например, если Вы будете проводить 5 замеров (из 32 возможных), то выберите произвольный столбец (пример - № 1) и строку (пример - № 11, там находится число 67). Эта таблица взята из таблицы A-36, из (F-2). Двигаясь вниз от выбранного места, получим 5 чисел - 24, 6, 29, 16 и 4 (все числа, большие 32 - отбрасываются, а меньшие - выбираются). Проводится отбор проб воздуха в интервалы:

Номер интервала	Интервал
4	$8^{45} - 9^{00}$
6	$9^{15} - 9^{30}$
16	$11^{45} - 12^{00}$
24	$14^{15} - 14^{30}$
29	$15^{30} - 15^{45}$

Небольшие отклонения времени начала отбора проб (до $\sim \pm 10$ минут) вероятно, незначительно повлияют на случайность. Схожий метод рекомендуется в (F-3).

Ссылки

F-1. Leidel NA and Busch KA: Statistical Methods for the Determination of Non-compliance with Occupational Health Standards. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. (NIOSH) 75-159, Cincinnati, Ohio 45226, April 1975.

F-2. Natrella MG: Experimental Statistics. National Bureau of Standards Handbook 91. Governmental Printing Office, Washington, DC 20402, 1963.

F-3. Juda J and K Budzinski: Determining the Tolerance Range of the Mean Value of Dust Concentration, Staub, 27:12-16 (English translation), April 1987.

Таблица F-1. Использование случайных чисел для случайного выбора периода проведения замера

46	96	85	77	27	92	86	26	45	21	89	91	71	42	64	64	38	22	75	81	74	91	48	46	18
44	19	15	32	63	55	87	77	33	29	45	0	31	34	84	5	72	90	44	27	78	22	7	62	17
34	39	80	62	24	33	81	67	28	11	34	79	26	35	34	23	9	94	0	80	33	31	63	27	91
74	97	80	30	65	7	71	30	1	84	47	45	89	70	74	13	4	90	51	27	61	34	63	87	44
22	14	61	60	86	38	33	71	13	33	72	8	16	13	30	56	48	51	29	48	30	93	43	66	29
40	3	96	40	3	47	24	60	9	21	21	18	0	5	86	52	85	40	73	73	57	68	36	33	91
52	33	76	44	56	15	47	75	78	73	78	19	87	6	98	47	48	2	62	3	42	5	32	55	2
37	59	20	40	93	17	82	24	19	90	80	87	32	74	59	84	24	49	79	17	23	75	83	42	0
11	2	55	57	48	84	74	36	22	67	19	20	15	92	53	37	13	75	54	89	56	73	23	39	7
10	33	79	26	34	54	71	33	89	74	68	48	23	17	49	18	81	5	52	85	70	5	73	11	17
67	59	28	25	47	89	11	65	65	20	42	23	96	41	64	20	30	89	87	64	37	93	36	96	35
93	50	75	20	9	18	54	34	68	2	54	87	23	5	43	36	98	29	97	93	87	8	30	92	98
24	43	23	72	80	64	34	27	23	46	15	36	10	63	21	59	69	76	2	62	31	62	47	60	34
39	91	63	18	38	27	10	78	88	84	42	32	0	97	92	0	4	94	50	5	75	82	70	80	35
74	62	19	67	54	18	28	92	33	69	98	96	74	35	72	11	68	25	8	95	31	79	11	79	54
91	3	35	60	81	16	61	97	25	14	78	21	22	5	25	47	26	37	80	39	19	6	41	2	0
42	57	66	76	72	91	3	63	48	46	44	1	33	53	62	28	80	59	55	5	2	16	13	17	54
6	36	63	6	15	3	72	38	1	58	25	37	66	48	56	19	36	41	29	28	76	49	74	39	50
92	70	96	70	89	80	87	14	25	49	25	94	62	78	26	13	41	39	48	75	64	69	61	6	38
91	8	88	53	52	13	4	82	23	0	26	36	47	44	4	8	84	89	7	44	76	51	52	41	59
68	85	97	74	47	53	90	5	90	84	87	48	25	1	11	5	45	11	43	15	60	40	31	84	59
59	54	13	9	13	80	42	29	63	3	24	64	12	43	28	10	1	63	62	7	79	83	5	59	61
39	18	32	69	33	46	58	19	34	3	59	28	97	31	2	65	47	47	70	39	74	17	30	22	65
67	43	31	9	12	60	19	57	63	78	11	80	10	97	15	70	4	89	81	78	54	84	87	83	42
61	75	37	19	36	90	75	39	3	56	49	92	72	95	27	52	87	47	12	32	54	62	43	23	13
78	10	91	11	0	63	19	63	74	58	69	3	51	38	60	36	53	56	77	6	69	8	89	91	24
93	23	71	58	9	78	8	3	7	71	79	32	25	19	61	4	40	33	12	6	78	91	97	88	95
37	55	48	82	63	89	92	59	14	72	19	17	22	51	90	20	3	64	96	60	48	1	95	44	84
62	13	11	71	17	23	29	25	13	85	33	35	7	69	25	68	37	92	57	11	84	44	1	33	66
29	89	97	47	3	13	20	86	22	45	59	98	64	53	89	64	94	81	55	87	73	81	58	46	42
16	94	83	82	89	7	17	30	29	89	89	80	98	36	25	36	33	2	49	14	34	3	32	9	20
4	93	10	59	75	12	98	84	60	93	68	16	87	60	11	50	46	56	58	45	88	72	50	46	11
95	71	43	68	97	18	85	17	13	8	0	50	77	50	46	92	45	26	97	21	48	22	23	8	32
86	5	39	14	35	48	68	18	36	57	9	62	40	28	87	8	74	79	91	8	27	12	43	32	3
59	30	60	10	41	31	0	69	63	77	1	89	94	60	19	2	70	88	72	33	38	88	20	60	86
5	45	35	40	54	3	98	96	76	27	77	84	80	8	64	60	44	34	34	24	85	20	85	77	32
71	85	17	74	66	27	85	19	55	56	51	36	48	92	32	44	40	47	10	38	22	32	42	29	96
80	20	32	80	98	0	40	92	37	31	32	83	14	55	31	99	73	23	40	7	64	54	44	98	21
13	50	78	2	73	39	66	82	1	28	67	51	75	66	33	97	47	58	42	44	88	9	28	38	6
67	92	65	41	45	36	77	96	46	21	14	39	56	36	70	15	74	43	62	69	82	30	77	28	77
72	56	73	44	26	4	62	81	15	35	79	26	99	57	28	22	25	94	80	62	95	48	98	23	86
28	86	85	64	94	11	58	78	45	36	34	45	91	38	31	10	68	36	87	81	16	77	30	19	36
69	57	40	80	44	94	60	82	94	93	98	1	48	50	37	69	60	77	69	60	74	22	3	77	17
71	20	3	30	79	25	74	17	78	34	34	45	4	77	42	39	73	78	64	99	37	3	18	3	36
89	98	55	98	22	45	12	49	82	71	57	33	28	69	50	39	15	9	25	79	39	42	84	18	70
58	74	82	81	14	2	1	3	77	94	65	57	70	39	42	48	36	84	31	39	18	70	41	74	60
50	34	73	81	91	7	81	26	25	45	49	61	22	88	41	20	0	15	59	93	31	60	63	63	63
49	33	72	90	10	20	65	28	44	63	95	86	75	74	69	24	41	65	86	10	34	10	32	0	93
11	85	1	43	65	2	85	69	36	88	34	29	64	35	48	15	70	11	77	83	1	34	82	91	4
34	22	46	41	84	74	27	2	37	77	47	93	72	2	93	63	75	74	69	69	61	34	31	92	13

Техническое приложение G

Поправки на (измерение) температуры и давления при определении отобранного объёма воздуха в промышленной гигиене, и вычисления концентраций (ppm)

В промышленной гигиене отбор проб (воздуха) проводят для определения истинной концентрации (воздушных) загрязнений, воздействию которых подвергается сотрудник в месте проведения отбора проб. Федеральный стандарт (по охране труда) 29 CFR 1910 подчасть Z устанавливает предельные ограничения воздействия на рабочих (ПДК). Аналитические лаборатории обычно сообщают о массе загрязнений на фильтре, в активированном угле или импинджере. Для вычисления концентрации воздушных загрязнений в то время, когда проводился отбор проб, нужно вычислить истинный объём воздуха, прокачивавшийся через измерительное устройство. Если расходомер пробоотборного насоса откалиброван так, что он поддерживает определённый расход воздуха 2 л/мин (высота над уровнем моря 175 м, температура 24°C), а использование насоса происходит на большей высоте (1.5 км) или при другой температуре, то реальный расход воздуха будет отличаться от 2 л/мин.

(Поэтому) для определения реальной концентрации во время измерений нужно откорректировать измеренный расход для получения реального. Это исправление производится в соответствии с законами движения воздуха, основным уравнением для того расходомера, который использовался: ротаметр, критическое отверстие (*critical orifice*) или ограничивающее отверстие (*limiting orifice*), а не является просто внесением поправки с помощью газового закона.

Поправка на температуру и давление

Описанные ниже поправки не требуются, если используется поршневой пробоотборный насос. Для таких насосов см. "Вычисление концентрации" ниже.

Поправки для ротаметров с линейной шкалой и ограничивающих отверстий.

$Q_{actual} = Q_{indicated} * \sqrt{[(P_{cal} * T_{actual}) / (P_{actual} * T_{cal})]}$, где индексы означают:

actual - истинные условия в момент отбора проб (Q - расход, P - давление, T - температура);

cal - истинные калибровочные условия;

indicated - показанный откалиброванным ротаметром расход.

И давление, и температура берутся в абсолютных единицах, в частности:

Давление [psia] = psig + 14,7 (*psig* – давление, показываемое манометром, то есть это разница измеряемого давления и атмосферного, единицы измерения psia и psig - фунт на квадратный дюйм = 6895 Па, а 14.7 - атмосферное давление: 101 353 Па = 14.7*6895)

Температура (градусы Кельвина) = температура (градусы Цельсия) + 273

Таблица G-1. Среднее абсолютное атмосферное давление

Высота, футы/метры	Абсолютное давление, psia	Абсолютное давление, дюймов ртутного столба	Абсолютное давление, Па*
Уровень моря	14,7	29,92	101092
Цинциннати, Огайо	14,4	29,31	99031
1000 / 305	14,2	28,87	97545
2000 / 610	13,7	27,82	93997
3000 / 914	13,2	26,81	90584
4000 / 1219	12,7	25,85	87341
5000 / 1524	12,2	24,9	84131
6000 / 1829	11,7	23,98	81022
7000 / 2134	11,3	23,1	78049
8000 / 2434	10,8	22,22	75076
9000 / 2743	10,5	21,39	72271
10000 / 3048	10,1	20,58	69535

* - при переводе получено пересчётом (для значений из третьего столбца и для $g=9.82 \text{ м/с}^2$).

Заметим, что местные барометрические изменения не оказывают значительного влияния на среднее атмосферное давление. Для получения оценки истинного среднего абсолютного атмосферного давления в месте проведения калибровки можно использовать таблицу G-1.

Пример:

Калибровка ротаметра, работающего от аккумулятора, и показывающего расход 2 л/мин, проводилась в Цинциннати, Огайо (высота 175 м над уровнем моря, температура 23,9°C). А измерения проводились на высоте 1800 м над уровнем моря при температуре 10°C. Ротаметр показывал расход 2 л/мин. Для получения реального расхода воздуха через насос во время измерений используем:

$$Q_{\text{actual}} = 2 \text{ л/мин} * \sqrt{[(14.4 \text{ psia} * (273+10) \text{ град Кельвина}) / (11.7 \text{ psia} * (273+23.9) \text{ град Кельвина})]} \\ = 2 \text{ л/мин} * 1.083 = 2.17 \text{ л/мин.}$$

Если не внести поправку, то получится ошибка -8%.

Критическое отверстие

Мы считаем, что критическое отверстие работает в соответствующем режиме, если разрежение за ним не ниже 15 дюймов ртутного столба (~50681 Па). Обычно лучше использовать всасывающий насос при разрежении 20 дюймов ртутного столба (~67575 Па). Откорректированный расход вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{actual}} = Q_{\text{indicated}} * \sqrt{[T_{\text{actual}} / T_{\text{cal}}]}, \text{ где температура - в абсолютных единицах (градусы Кельвина).}$$

Пример

Критическое отверстие с номинальным расходом 9 л/мин было откалибровано в Цинциннати (24°C) так, что расход составлял 9.1 л/мин. Затем оно использовалось при отборе проб при температуре ~2°C. Для получения реального расхода воздуха вычислим:

$$Q_{\text{actual}} = 9.1 \text{ л/мин} * \sqrt{[(273+2) / (273+24)]} = 9.1 * 0.962 = 8.75 \text{ л/мин}$$

При отсутствии поправки получилась бы погрешность около +4%.

Вычисление концентрации

При вычислении массовой концентрации воздушных загрязнений (мг/м³) нужно использовать реальный объём прокачанного воздуха, который определяется с помощью вышеописанных поправок.

Все концентрации газов и паров должны быть преобразованы в ppm (частей на миллион по объёму) перед определением того, нарушаются ли требования законодательства. Для проверки выполнения требований Федеральных стандартов по охране труда (29 CFR 1910 подчасть Z) должны использоваться только концентрации, выраженные в ppm, так как значения концентрации, которые указаны в стандартах по массе - приближённые, и могут содержать ошибку округления.

Для преобразования концентраций (мг/м³ в ppm) используется коэффициент 24.45. Это количество литров, которое занимает один граммоль (*gmole*) газа при стандартных (OSHA/ACGIH) температуре и давлении (25°C, 760 мм рт столба). При использовании уравнения для преобразования вычисляется концентрация в ppm в тех условиях (*P* и *T*), в которых происходил отбор проб. Но это уравнение (для преобразования концентрации) также можно интерпретировать как вычисление объёма, который занимает газ (который находится в отобранном объёме воздуха) при стандартных температуре и давлении. Уравнение¹²:

$$\text{ppm} = (C) * (24.45) * (273 + T^{\circ}\text{C}) * (14.7) / [(MW) * (293^{\circ}\text{C}) * (P)],$$

{эта формула - для давления, измеряемого в фунтах на квадратный дюйм}

$$\text{ppm} = (C) * (24.45) * (273 + T^{\circ}\text{C}) * (101353) / [(MW) * (293^{\circ}\text{C}) * (P)],$$

{эта формула - для давления, измеряемого в Паскалях}

где *C* - концентрация в (мг/м³) в отобранном воздухе при температуре *T*absolut и *P*,
MW - молекулярная масса вредного вещества, грамм/граммоль (g/gmole),
P - реальное давление при отборе проб (psia - верхняя формула, Па - нижняя).

¹² В условиях, совпадающих со стандартными, уравнение упрощается: ppm = (C)*24.45/(молярная масса).

Пример: анилин, молярная масса MW = 93 г/моль, концентрация 3 мг/м³ (=ПДК РФ) соответствует в стандартных условиях [3*24.4/93 =] 0.787 ppm

Для быстрого приближённого пересчёта можно использовать номограмму на Фиг. G-1. Важно понять, что в сущности в (вышеприведённом) уравнении (используется) реальный отобранный объём воздуха, который преобразовывается в объём при стандартных температуре и давлении. Поправки для ppm при приведении к стандартным температуре и давлению - не нужны. Как только была вычислена концентрация в ppm, но остаётся постоянной, и не зависит ни от температуры, ни от давления.

Фиг. G-1. Номограмма для получения массовой концентрации (мг/м³) с помощью объёмной (ppm)

Пример: отбор проб воздуха для определения концентрации диоксида серы SO₂ проводится на высоте 2000 футов (610 м) и температуре 60° F (16° C). В этих условиях массовая концентрация 4.0 мг/м³.

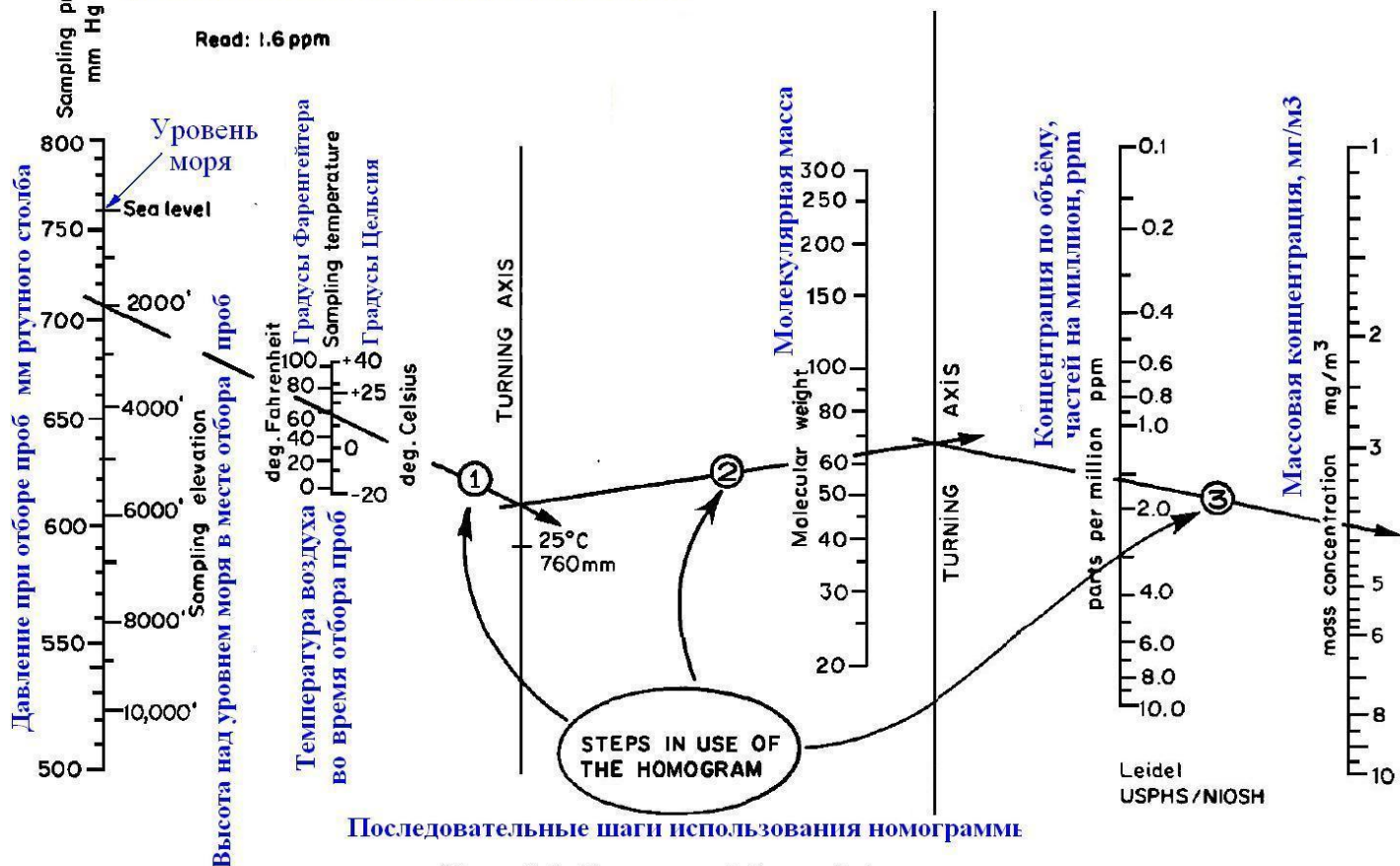


Figure G-1. Nomogram relating mg/m³ to ppm.

Пояснения к порядку измерения

1. При проведении отбора проб нужно записывать высоту над уровнем моря, температуру, положение места, где проводилась калибровка прибора, и показываемый прибором расход воздуха.
2. Используя поправки, которые учитывают отличие давления и температуры от стандартных, вычисляется реальный объём прокачанного воздуха. Это нужно делать только при использовании ротаметров, критических или ограничивающих отверстий.
3. Затем вычисляется массовая концентрация (мг/м³), и для этого используется реальный объём прокачанного воздуха. Определённая массовая концентрация должна указываться для тех условий (температуры и давления/высоты над уровнем моря), в которых проводилось её измерение.
4. С учётом отличий температуры и давления во время измерений от стандартных вычисляется концентрация в ppm (частей на миллион по объёму). Эту объёмную концентрацию можно сравнивать с значениями ПДК (в США, PEL), указанными в стандарте по охране труда 29 CFR 1910 Subpart Z.

Получение поправочных коэффициентов

Поправки при использовании ротаметра

В руководстве для инженеров-химиков (G-3) приводится уравнение 5-24 (стр 5-13) для отношения (массовых) расходов двух разных жидкостей, протекающих через один и тот же ротаметр:

$$W_a/W_b = K_a/K_b * \sqrt{ \left[\frac{(p_f - p_a) * \rho}{(p_f - p_b) * \rho_b} \right] } \quad \text{(G-1) где}$$

W - массовый расход (газа),
ρf - плотность поплавка ротаметра (*float*),
K - параметр потока (*flow parameter*),
ρ - плотность газа,
a, b - индексы для разных газов, или одного газа в разных условиях.

Мы рассматриваем только воздух в разных условиях, то можно сделать два предположения:
Ka = Kb, и ρf-ра = ρf-рb

В результате уравнение G-1 примет вид: $W_a/W_b = \sqrt{\rho_a / \rho_b}$

Но $W = \rho * q$, где q - объёмный расход воздуха. Используя последнее уравнение получим:

$$\rho_a * q_a / \rho_b * q_b = \sqrt{[\rho_a / \rho_b]} \rightarrow q_a / q_b = \sqrt{[\rho_b / \rho_a]}$$

Согласно закону Менделеева-Клапейрона :

$$\rho = MP/RT, \text{ где}$$

M - молярная масса (грамм на моль),

P - давление,

R - газовая постоянная (8.31 Дж/моль*К),

T - температура (°К).

Теперь уравнение G-1 можно записать так:

$$q_a / q_b = \sqrt{[(P_b * T_a) / (T_b * P_a)]}$$

Индексы a относятся к условиям при проведении измерений, а индексы b - к условиям при калибровке.

Поправки при использовании калиброванного критического отверстия

В том же руководстве (G-3) на стр. 5-9 приводится уравнение для расхода воздуха через критическое отверстие:

$$W_x = 0.533 * (C) * (A) * (P) / \sqrt{(T)}, \text{ где}$$

Wx - массовый расход,

C - коэффициент сужения потока в отверстии (по сравнению с реальным размером отверстия - *Discharge coefficient*)

A - поперечное сечение отверстия,

P - давление до отверстия,

T - температура до отверстия.

При использовании одного и того же отверстия при разных температуре и давлении, получатся разные массовые расходы воздуха. Отношение этих расходов будет равно:

$$W_a / W_b = (P_a/P_b) * \sqrt{(T_a/T_b)} \quad \textbf{(G-2)}$$

где индексы a и b относятся к разным температуре и давлению потоков. Используя выражение

$$W = q * \rho \quad \textbf{(G-3)}$$

где q - объёмный расход, и ρ - плотность газа, можно преобразовать массовый расход в объёмный. Для вычисления плотности воздуха можно использовать уравнение:

$$\rho = (M) * (P) / (R) * (T) \quad \textbf{(G-4)} \text{ где}$$

M - молярная масса (грамм на моль),

P - давление,

R - газовая постоянная (8.31 Дж/моль*К),

T - температура (°К).

После подстановки уравнений G-3 и G-4 в G-2 получим уравнение для внесения поправок:

$$q_a / q_b = \sqrt{(T_a / T_b)},$$

в котором индекс a относится к условиям (абсолютной температуре °К) при проведении измерений, а индекс b - к условиям при калибровке.

Ссылки

G-1. Rooper P: Calibration of Orifices. NIOSH in-house report, Cincinnati, Ohio 45226, 1972.

G-2. Heitbrink WA: NIOSH Memorandum. Measurement Research Branch, Division of Physical Sciences and Engineering, Cincinnati, Ohio 45226, September 14, 1976.

G-3. Perry JH ed. Chemical Engineers' Handbook, 4th ed. McGraw-Hill Book Company, New York, NY 1963.

Техническое приложение Н

Вычисление средней по времени концентрации (TWA)

Обычно в производственных условиях сотрудник подвергается воздействию нескольких разных концентраций (при изменении: места работы; задания; режима работы вентиляции; технологического процесса и т. п.) Для вычисления среднесменного воздействия используют средневзвешенное по времени воздействие (TWA), учитывающее и концентрации, и длительность их воздействия. Это эквивалентно интегрированию значений концентрации по времени за весь период. Для вычисления TWA используют формулу:

$$TWA = [T_1X_1 + T_2X_2 + T_3X_3 + \dots T_nX_n] / T_t, \text{ где}$$

$T_1, T_2, T_3 \dots T_n$ - длительность воздействия при концентрациях $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ соответственно. А T_t - это продолжительность всей смены. Эта формула приводится в федеральном стандарте 29 CFR 1910.1000(d)(1). Например, предположим, что рабочий подвергся следующему воздействию:

Длительность воздействия, часов	Средняя концентрация, ppm
1	250
3	100
4	50
$T_t = 8$ часов	

Тогда TWA за восьмичасовую смену составит:

$$TWA = [1*250 + 3*100 + 4*50] / 8 = 94 \text{ ppm}$$

Для большинства веществ, перечисленных в 29 CFR 1910 подчасть Z (*то есть тех, для которых установлены ПДК*), воздействие ограничивается как среднее воздействие за период 8 часов. Для определения среднесменного воздействия проведение вычислений - не лучший способ из-за неточности при определении средних концентраций - "компонент", даже если стандарты указывают, что они ограничивают именно TWA.

Метод отбора проб и длительность измерений определяют способ вычисления среднего воздействия. Когда это возможно, лучше сделать один замер длиной, равной длине периода, указанного в стандарте по охране труда, например - 8 часов. Преимущество этого в том, что измеренная концентрация и будет прямым интегрированным воздействием на сотрудника за весь период, и это делает ненужным вычисление TWA. Даже если невозможно сделать один такой длительный замер (8 часов), можно сделать серию последовательных замеров, охватывающих весь период, или часть периода. Заметим, что концентрация вредного вещества, вычисленная по результатам одного (такого) замера, является средневзвешенной по времени - даже если не используются (способы) вычисления средневзвешенной концентрации, описанные в этом приложении.

Последовательные измерения

в течение всего периода и в течение части периода

При использовании таких способов измерения воздействия, для вычисления (TWA) с помощью приведённого выше уравнения используют длительность каждого одиночного замера и полученную при этом концентрацию (ppm). (А) для проведения серии замеров, не охватывающих весь период, получим:

Пример

Замер	Интервал времени	Длительность замера	Результат замера
А	$9^{15} - 10^{30}$	75 мин	320 ppm
В	$11^{00} - 12^{10}$	70 мин	250 ppm
С	$13^{20} - 15^{40}$	140 мин	350 ppm

Тогда средневзвешенное по времени воздействие за период проведения измерений 4,75 часа будет:
 $TWA = [(75 \text{ мин})(320 \text{ ppm}) + (70 \text{ мин})(250 \text{ ppm}) + (140 \text{ мин})(350 \text{ ppm})] / (285 \text{ мин}) =$
 $= 318 \text{ ppm}$ за 4,75 часа

Для анализа этого результата обратитесь к разделу 4.2.1. Заметим, что этот пример не соответствует рекомендациям раздела 3.4(3), которые советуют, чтобы при проведении серии последовательных замеров они охватывали не менее 70-80% от периода (8 часов).

Серия кратковременных замеров

Если можно предположить, что воздействие на рабочего и (характер) его работы в течение смены относительно стабильны, то все результаты измерений можно (арифметически) усреднить - напрямую. Если длительность каждого из замеров по сравнению с длительностью периода (для которого установлена ПДК) сравнительно мала (например - <5% от периода), то при проведении вычисления TWA время можно не учитывать:

Пример

Замер	Интервал времени	Результат измерений, ppm
A	8 ³⁰ - 8 ³⁵	20
B	9 ⁴⁰ - 9 ⁴⁵	45
C	11 ⁰⁵ - 11 ¹⁰	10
D	12 ⁵⁰ - 12 ⁵⁵	15
E	14 ³⁰ - 14 ³⁵	30
F	15 ⁵⁰ - 15 ⁵⁵	25

Тогда TWA за 8-часовую смену будет: $TWA = (20+45+10+15+30+25) / 6 = 24 \text{ ppm}$

Для анализа этого результата обратитесь к разделу 4.2.3.

Но если в течение 8-часовой смены сотрудник работал в разных местах, и в каждом из мест делали серию кратковременных замеров (а в разных местах ожидалась разная концентрация [см. раздел 3.4(4)], то анализ результатов проводится так:

Место работы	Длительность работы в этом месте	Замер	Результат 5-минутного замера
Первое место работы	8 ⁰⁰ - 10 ³⁰	A	110 ppm
		B	180 ppm
		C	90 ppm
		D	120 ppm
		E	150 ppm
Второе место работы	10 ³⁰ - 16 ³⁰	F	50 ppm
		G	35 ppm
		H	60 ppm
		I	40 ppm

Среднее воздействие на первом месте $\bar{x}_1 = (110+180+90+120+150)/5 = 130 \text{ ppm}$

Среднее воздействие на втором месте $\bar{x}_2 = (50+35+60+40)/4 = 46 \text{ ppm}$

Затем вычисляется TWA для 8-часовой смены (исключая обеденный перерыв 30 минут):

$TWA = [(2.5 \text{ часа}) * (130 \text{ ppm}) + (5.5 \text{ часов}) * (46 \text{ ppm})] / 8 \text{ часов} = 72 \text{ ppm}$

Заметим, что для такой стратегии проведения измерений в главе 4 не приводится (описание) проведения анализа результатов и процедуры принятия решений. На этом уровне они слишком сложны для выполнения вручную. Предпочтительнее использовать серию последовательных замеров, охватывающих весь период.

Техническое приложение I

Логарифмически-нормальные графики результатов измерения воздействий и средних воздействий

Ранее, в работах (I-1 ÷ I-6) обсуждалась полезность и удобность использования (миллиметровки с логарифмически-вероятностной шкалой) для построения графиков результатов измерений воздействий в промышленной гигиене. В этом приложении рассмотрена практическая сторона использования такой бумаги. Сначала описано, как её использовать. Затем приводятся два примера - измерения воздействий, и средние результаты измерений на отдельных рабочих в группе.

На Фиг. I-1 и I-2 показаны образцы такой бумаги, смеющейся в продаже (2-цикловой и 3-цикловой). Обычно она охватывает тот диапазон значений, которые получаются при измерениях. Если требуются дополнительные циклы, отрезая и приклеивая соответственные участки, можно получить бумагу с 4 или 5 циклами.

При построении графиков первым шагом является ранжирование исходных данных, чтобы они располагались в порядке возрастания значений. Обычно наименьшим значением по оси ОХ является 1, а наибольшим - n , где n - число замеров, или число средних значений воздействия. Затем ранжированные значения наносят на график. Среди специалистов по статистике нет единого мнения о том, как правильно наносить результаты на такую бумагу. Широко используемый способ предложен в (I-7). Таблица I-1 взята из этой публикации. Она охватывает число значений n от 2 до 50, и также приводится уравнение для большего числа значений.

После построения результатов и получения субъективной оценки - что результаты укладываются на прямую линию - строится линейная регрессионная линия. Важно понимать, что при использовании логарифмически-нормальных шкал нельзя применять широко известный метод наименьших квадратов. Причины этого объясняются в (I-8).

Если (регрессионная) линия хорошо соответствует результатам измерений, то (специалист) не должен считать все результаты одинаково важными (ценными). На регрессионную линию в большей степени влияют результаты, которые находятся в центре (графика). Любые отклонения, которые наблюдаются в областях с большой и с маленькой вероятностями (например - $<5\%$ и $>95\%$) на таком графике на такой бумаге будут преувеличены, излишне подчеркнуты. Особенно - при сравнении при той же абсолютной величине отклонения в средней области (например - от 20 до 80%). Например, при вероятности 99% отклонение в 15 раз больше, чем при вероятности 50%; а при вероятности 99.5% - в 28 раз. Из-за искажений, вносимых логарифмически-нормальной шкалой, невозможно даже приблизительно (определить) величину отклонений с помощью простой проверки. Схожие примеры искажений встречаются в картографии. При использовании проекции поверхности земного шара на плоскость Меркатора искажаются расстояния между точками, конкретно - в областях около полюсов расстояния между ними возрастают.

Такая бумага должна использоваться только для нанесения результатов, и для предварительной оценки того, соответствуют ли они логарифмически-нормальной модели (распределения результатов измерений). Она также полезна, когда нужно быстро сделать оценку среднего геометрического значения (GM) и стандартного геометрического отклонения (GSD) полученной логарифмически-нормальной модели. Но такую бумагу нельзя использовать для получения статистически-обоснованных оценок того, насколько хорошо регрессионная прямая линия соответствует результатам измерений. При "подгонке" прямой линии к точкам (результатам измерений) наблюдается следующее:

- Игнорируются все точки, которые находятся за пределами диапазона вероятностей 1 ÷ 99%.
- Из оставшихся предпочтение отдаётся тем, которые находятся ближе к центру (50%), то есть - в диапазоне 20 ÷ 80%.

Santner в (I-7) привёл указания (Фиг. I-3), которые помогают интерпретировать информацию на графике с логарифмически-нормальной системой координат. Также предлагались другие методы линеаризации результатов и способы построения графиков.

В (I-9) Hann and Shapiro приводят полезную информацию о построении графиков в логарифмически-нормальной системе координат. Там, в главе 8 "*Probability Plotting and Testing of Distributional Assumptions*" приводятся много графиков вероятностных распределений.

Фиг. I-1. Бумага с логарифмически-нормальными шкалами - двухцикловая.

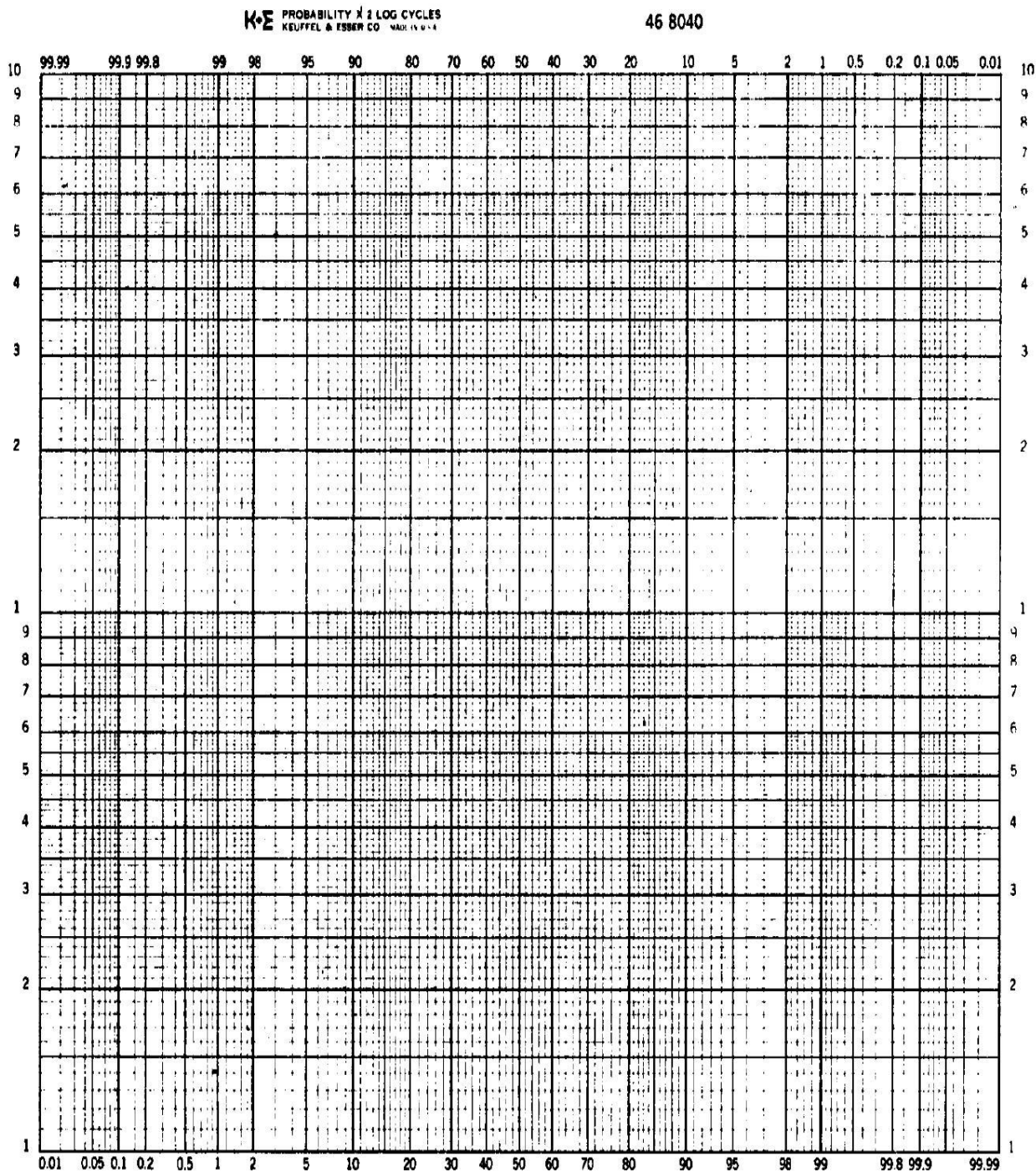


Figure I-1. Lognormal probability paper — 2 cycle.

Там также приводятся графики, которые позволяют сравнить типичные отклонения от линейности (для графиков, построенных в логарифмически-нормальной системе координат) при использовании 20 и 50 значений (результатов измерений), взятых из разных распределений, у которых разные отклонения от нормального. При использовании (всего лишь) 20 значений, взятых из множества значений, соответствующих нормальному распределению, получаются значительные отклонения от нормального распределения (от линейности графика) из-за случайной изменчивости (взятых) значений.

В (I-10) Daniel and Wood тоже показали, какие бывают типичные отклонения от линейности из-за случайной изменчивости значений выборки. В их приложении 3А приводятся графики случайных нормальных отклонений при числе значений в выборке 8, 16, 32, 64 и 384. Они обнаружили, что при числе замеров 8 нельзя (даже) сделать выводы о том, нормально ли распределение вообще. При 16 значениях сохраняются значительные отклонения от линейности. При 32 и 64 значениях результат значительно улучшается, но продолжает не соответствовать прямой линии на "концах" распределения (вероятности менее 10% и более 90%).

Фиг. I-2. Бумага с логарифмически-нормальными шкалами - трёхцикловая.

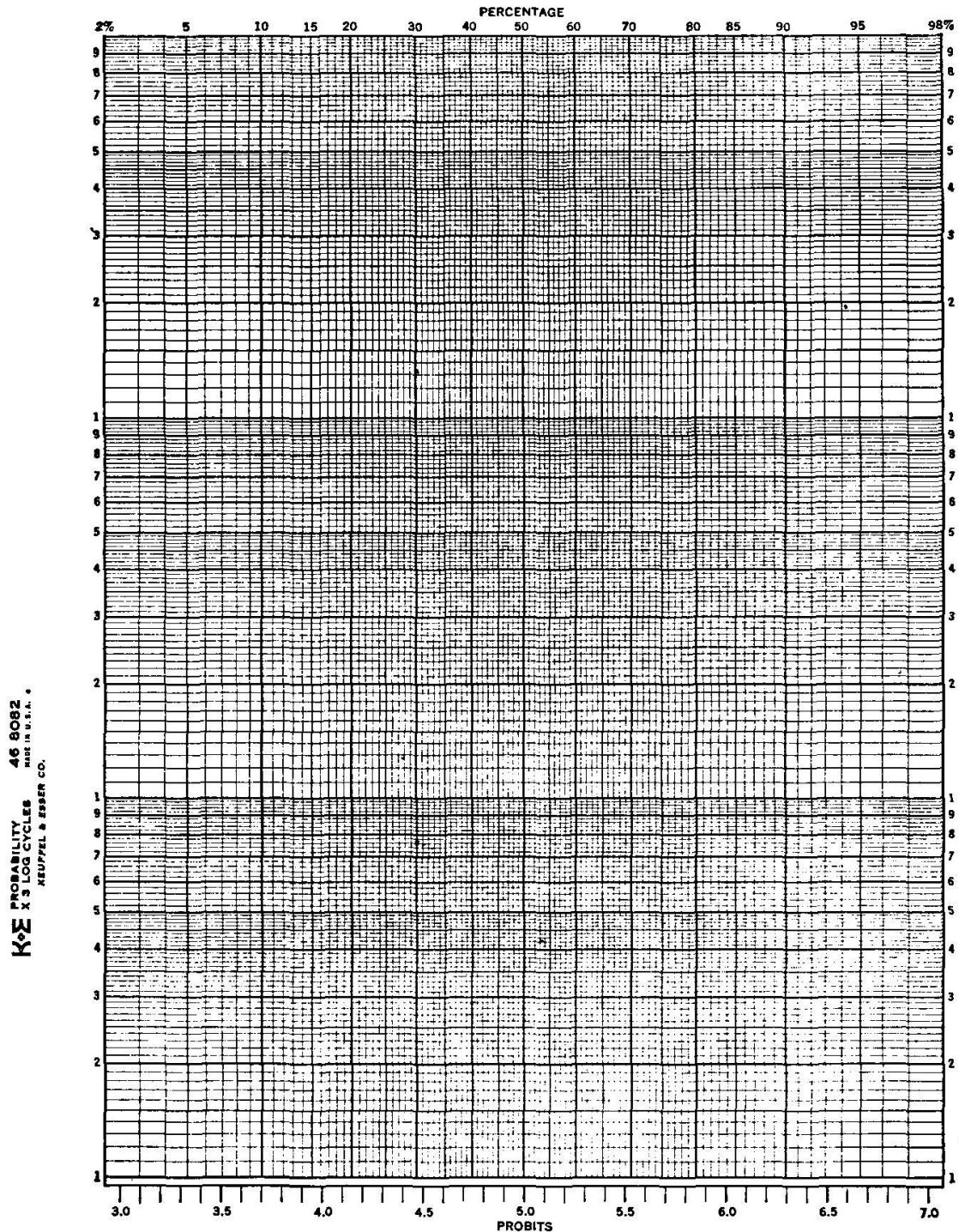


Figure I-2. Lognormal probability paper — 3 cycle.

После того, как была построена прямая линия, наилучшим образом соответствующая нанесённым на график точкам (с использованием вышеприведённых указаний), можно определить два параметра распределения. Если распределение действительно логарифмически-нормальное, то оно точно определяется средним геометрическим значением GM и стандартным геометрическим отклонением GSD. Значение GM соответствует вероятности 50%, и его можно получить прямо с графика как место пересечения построенной прямой линии и линии, соответствующей вероятности 50%. GSD является показателем изменчивости распределения. (При использовании графика её можно вычислить как отношение:

$$\text{GSD} = \text{значение (соответствующее вероятности 84\%)} / \text{значение (соответств. вероятности 16\%)}$$

Наконец, имеется проблема - как при обработке учитывать те результаты измерения, которые равны 0. Обычно в промышленной гигиене на практике те значения, которые равны 0, являются неизмеримыми значениями. Если при проведении измерений получилось много таких значений, то может потребоваться проведение анализа результатов другим способом.

Фиг. I-3. Рекомендации по интерпретации результатов измерений, использованных при построении графика в логарифмически-нормальной системе координат

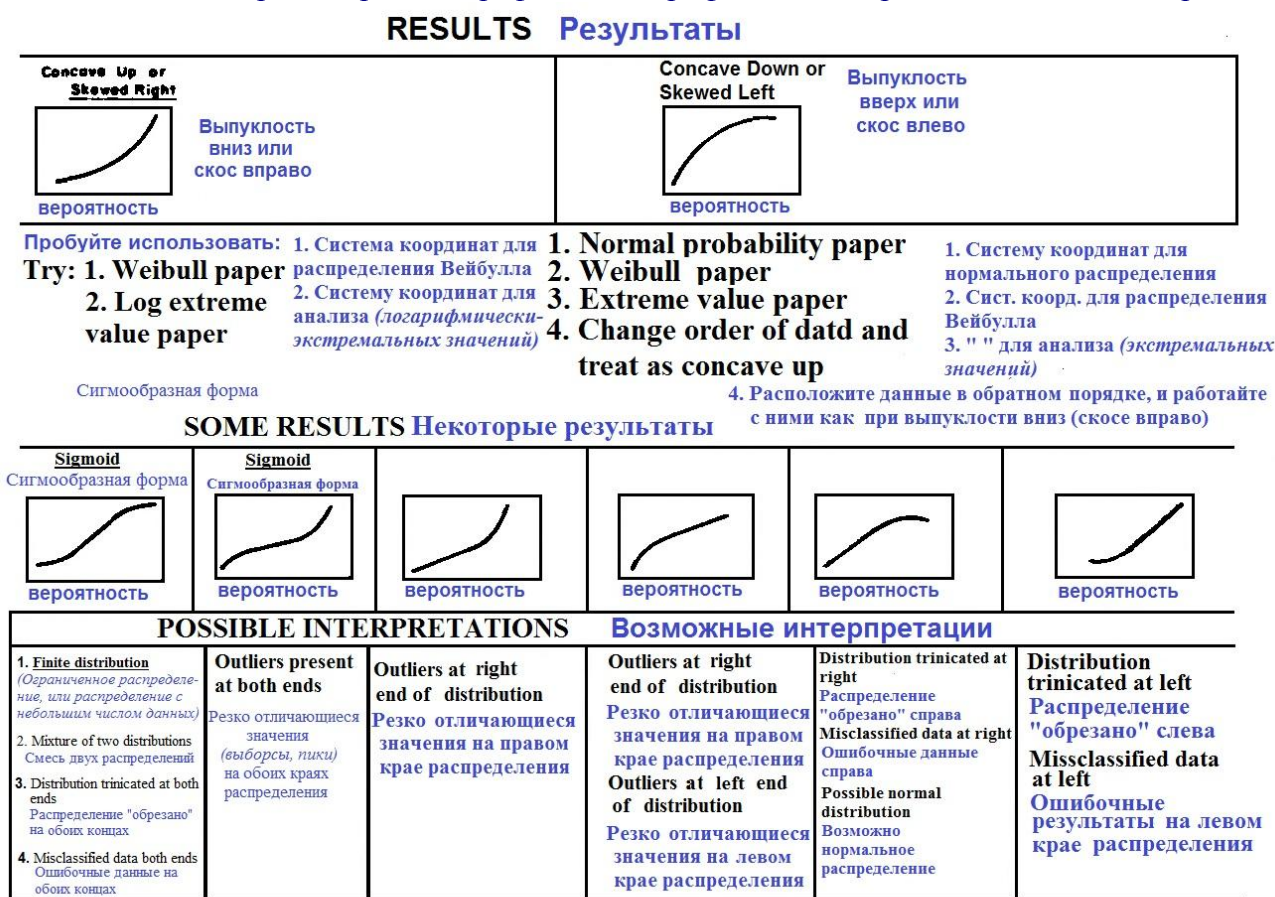


Figure I-3. Interpretation of data plotted on lognormal probability paper. (Adapted from Santner [I-7].)

В (I-11) Berry and Day обсудили использование гамма-распределения. Перед обработкой результатов измерений рассмотрим два других возможных случая. Во-первых, если проводится анализ результатов измерения воздействия для одного рабочего места, нужно попытаться обнаружить "сгруппировывание" нулевых значений (меньших порога измерения) в определённый интервал смены. Могло случиться так, что рабочий выходил из места с загрязнённой атмосферой, или происходило изменение технологического процессе (временное). В этом случае нулевые значения являются уже другим распределением, и их нельзя использовать при проведении анализа (остальных) значительных значений. Такое исключение результатов измерений должно проводиться с осторожностью, и (лишь) при наличии информации о перемещениях рабочего. Во-вторых, наличие маленьких воздействий может обнаружиться (при определении ряда средних значений воздействий) у тех рабочих, которые находятся в одной подгруппе по степени ожидаемого риска воздействия. Часто при проведении анализа (воздействия на рабочих) последних группируют исключительно в соответствии с названиями их специальностей - но это может привести к ошибкам. Специалист должен точно узнать, какова вероятность производственного воздействия на именно этого рабочего, прежде чем включать его в подгруппу с определённым риском воздействия.

Но случаи, когда измеренное воздействие равно нулю (могут происходить и при иных ситуациях), и одного подходящего (универсального) способа для обработки результатов в этом случае - не существует. Один из способов - определить "наименьшее измеримое значение" измеримого количества загрязнений для данного метода анализа (обратившись в аналитическую лабораторию), и затем использовать это значение, заменяя им все нулевые результаты. Другой способ - устранение нулевых значений путём добавления небольшой произвольно выбранной постоянной величины ко всем нулевым значениям перед нанесением их на график. К сожалению, иногда это можно сделать (только) методом проб и ошибок. В (I-12) Hald обсуждает добавление к результатам измерений, которые помогают проводить такое преобразование. Учтите, что выбранная постоянная величина должна быть маленькой, (чтобы) не произошло смещение среднего значения параметра распределения. (Можно, например) начать со значения, которое равно 5% от значения GSD.

Примеры - результаты измерения воздействия:

На одном и том же месте, около пульта управления, проводились последовательные измерения значений концентрации фтористого водорода (HF), получены результаты:

Результаты измерений		Ранжированные (сортированные) результаты	
Время начала замеров	Концентрация, ppm	Отсортированные результаты	Положение на графике
1525	0.91	0.11	5.2%
1625	1.3	0.11	13.2%
1725	10.0	0.12	21.4%
1825	0.8	0.14	29.6%
1925	2.6	0.14	37.8%
2025	0.12	0.21	45.9%
2125	0.14	0.33	54.1%
2225	0.11	0.8	62.2%
2325	0.14	0.91	70.4%
0025	0.11	1.3	78.6%
0125	0.33	2.6	86.8%
0225	0.21	10.0	94.8%

Фиг. I-4. Распределение 12 значений измеренных концентраций фтороводорода HF.

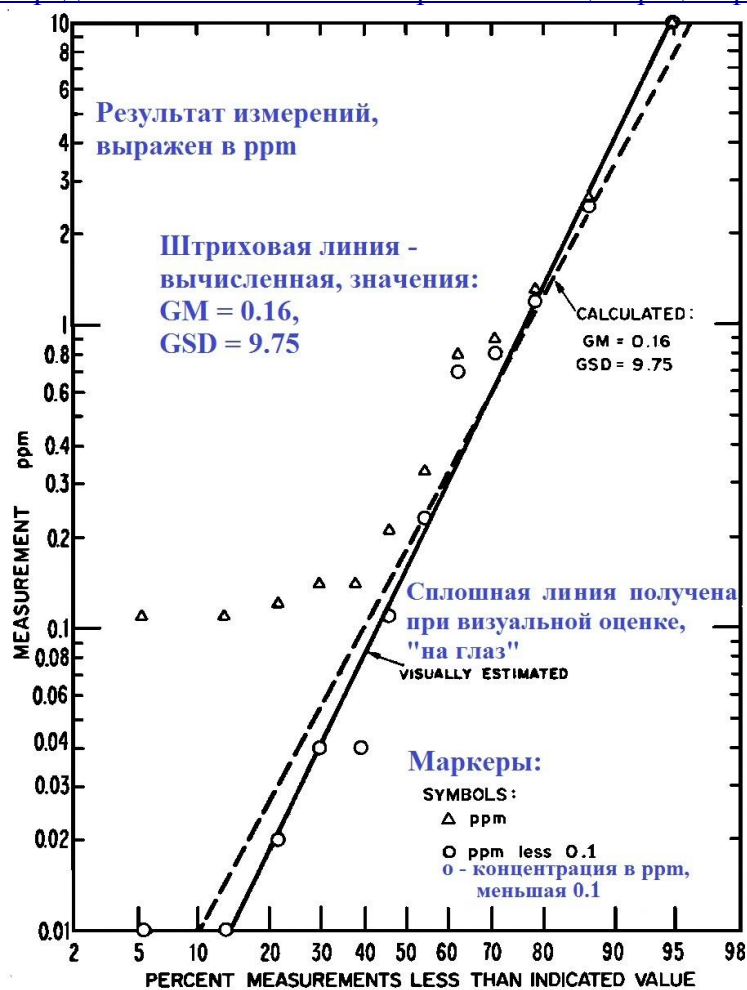


Figure I-4. Hydrogen fluoride measurement distribution.

На графике - доля результатов измерений (%), значения которых меньше значения, отложенного по оси OX

Положения на графике для 12 результатов измерений (%) были получены с помощью таблицы I-1. Нанесённые на график значения показаны на Фиг. I-4. Похоже, что на левом "конце" графика распределение результатов отличается от логарифмически-нормального. Этот результат должен получиться, если к результатам, соответствующим логарифмически-нормальному распределению плюс случайные отклонения, добавить постоянную фоновую величину. Результаты можно линеаризировать, если использовать трёхпараметрическую логарифмически-нормальную модель, где постоянное

значение вычитается из каждого из значений перед нанесением на график. Значение этой постоянной величины (концентрации) можно оценить, используя начальный график распределения - это та концентрация, к которой асимптотически стремится график. Для Фиг. I-4 таким значением является концентрация 0.1 ppm. Поэтому значение 0.1 ppm вычитается из всех результатов перед их нанесением на график Фиг. I-4. В результате получается среднее геометрическое (взятое с графика) 0.16 ppm, что соответствует концентрации $(0.16+0.1) 0.26$ ppm. Значение GSD преобразованного распределения (концентрация - 0.1 ppm) вычисляется так:

$$GSD = (\text{значение для вероятности } 84\%) / (\text{значение для вероятности } 16\%) = 2.05 \text{ ppm} / 0.16 \text{ ppm} = 12.8$$

При проведении вычислений "напрямую" (см. раздел 4.2.3) среднее значение Log_{10} [концентрация - 0.1 ppm] равно -0.739, а соответствующая концентрация равна 0.28 ppm. Вычисленное значение GSD (для концентрации - 0.1 ppm) равно 9.8. Таким образом, результаты численных вычислений близки к результатам, полученным с помощью графика. Хотя первый способ предпочтительнее (он объективнее и точнее), но для практических целей точность графического способа достаточно хороша. На Фиг. I-4 штриховой линией показано распределение значений, соответствующих вычисленным величинам GM и GSD для (концентрации - 0.1 ppm).

Пример. Средние воздействия на рабочих в группе рабочих из 24 человек, специальность - "смеситель", воздух загрязнён метакрилатом, значения концентраций (ppm):

26, 53, 8.8, 37, 19, 31, 45, 56, 15, 49, 16, 44, 96, 39, 63, 90, 23, 16, 31, 24, 30, 24, 116, 49.

На Фиг. I-5 показан график, построенный с помощью этих значений. Используя ранее описанный метод получим (графические значения): $GM = 34$ ppm и $GSD = 65$ ppm / 34 ppm = 1.9. А при вычислениях с использованием вышеприведённых результатах измерений получим $GM = 34.5$ и $GSD = 1.89$.

Таблица I-1. Положение на оси ОХ разных точек при разном числе замеров.

№	Число замеров n																															№
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1	28.6	19.9	15.2	12.2	10.3	8.8	7.7	6.9	6.2	5.6	5.2	4.8	4.4	4.1	3.9	3.6	3.4	3.3	3.1	2.9	2.8	2.7	2.6	2.4	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	1	
2	71.4	50.0	38.3	31.0	26.0	22.5	19.7	17.6	15.8	14.4	13.2	12.2	11.4	10.6	9.9	9.4	8.9	8.4	8.0	7.7	7.2	6.8	6.7	6.4	6.2	5.9	5.7	5.5	5.3	5.2	2	
3		80.1	61.7	50.0	42.0	36.2	31.8	28.4	25.6	23.3	21.4	19.8	18.4	17.2	16.1	15.2	14.3	13.6	12.9	12.3	11.7	11.3	10.7	10.4	9.9	9.5	9.2	8.9	8.7	8.4	3	
4			84.8	69.0	58.0	50.0	43.9	39.2	35.3	32.2	29.6	27.3	25.4	23.7	22.3	21.0	19.8	18.8	17.9	17.1	16.4	15.6	14.9	14.2	13.8	13.3	12.7	12.3	11.9	11.5	4	
5				87.8	74.0	63.8	56.1	50.0	45.1	41.1	37.8	34.9	32.4	30.3	28.4	26.8	25.3	24.0	22.8	21.8	20.6	19.8	18.9	18.1	17.6	16.9	16.4	15.9	15.2	14.7	5	
6					89.7	77.5	68.2	60.8	54.9	50.0	45.9	42.5	39.5	36.9	34.6	32.6	30.8	29.2	27.8	26.4	25.1	24.2	23.3	22.4	21.5	20.6	19.8	19.2	18.7	17.9	6	
7						91.2	80.3	71.6	64.7	58.9	54.1	50.0	46.5	43.4	40.7	38.4	36.3	34.4	32.7	32.2	29.8	28.4	27.4	26.1	25.1	24.2	23.3	22.7	21.8	21.2	7	
8							92.3	82.4	74.4	67.8	62.2	57.5	53.5	50.0	46.9	44.2	41.8	39.6	37.6	35.9	34.1	32.6	31.6	30.2	29.1	28.1	27.1	26.1	25.1	24.6	8	
9								93.8	84.2	76.7	70.4	65.1	60.5	56.6	53.1	50.0	47.2	44.8	42.6	40.5	38.6	37.1	35.6	34.1	33.0	31.6	30.5	29.5	28.4	27.4	9	
10									93.8	85.6	78.6	72.7	67.6	63.1	59.3	55.8	52.8	50.0	47.5	45.2	43.3	41.3	39.7	38.2	36.7	35.2	34.1	33.0	31.9	30.9	10	
11										94.4	86.8	80.2	74.6	69.7	65.4	62.6	58.2	55.2	52.5	50.0	47.6	45.6	43.6	42.1	40.5	39.0	37.4	36.3	35.2	34.1	11	
12											94.8	87.8	81.6	76.3	71.6	67.4	63.7	60.4	57.4	54.8	52.4	50.0	48.0	46.0	44.4	42.5	41.3	39.7	38.6	37.1	12	
13												95.2	88.6	82.8	77.7	73.2	69.2	65.6	62.4	59.5	56.7	54.4	52.0	50.0	48.0	46.4	44.8	43.3	41.7	40.5	13	
14													95.6	89.4	83.9	79.0	74.7	70.8	67.3	64.1	61.4	58.7	56.4	54.0	52.0	50.0	48.4	46.4	45.2	43.6	14	
15														95.9	90.1	84.8	80.2	76.0	72.2	68.8	65.9	62.9	60.3	57.9	55.6	53.6	51.6	50.0	48.4	46.8	15	
16															96.1	90.2	85.7	81.2	77.2	73.6	70.2	67.4	64.4	61.8	59.3	57.3	55.2	53.6	51.6	50.0	16	
17																96.4	91.1	86.4	82.1	78.2	74.9	71.6	68.4	65.9	63.3	61.0	58.7	56.7	54.8	53.2	17	
18																	96.6	91.6	87.1	82.9	79.4	75.8	72.6	69.8	67.0	64.8	62.6	60.3	58.3	56.4	18	
19																		96.7	92.0	87.7	83.6	80.2	76.7	73.9	70.9	68.4	65.9	63.7	61.4	59.5	19	
20																			96.9	92.3	88.3	84.4	81.1	77.6	74.9	71.9	69.5	67.0	64.8	62.9	20	
21																				97.1	92.8	88.7	85.8	81.9	78.5	75.8	72.9	70.5	68.1	65.9	21	
22																					97.2	93.2	89.3	85.8	82.4	79.4	76.7	73.9	71.6	69.2	22	
23																						97.3	93.3	89.6	86.2	83.1	80.2	77.3	74.9	72.6	23	
24																							97.4	93.6	90.1	86.7	83.6	80.8	78.2	75.4	24	
25																								97.6	93.8	90.5	87.3	84.1	81.3	78.8	25	
26																									97.6	94.1	90.8	87.7	84.8	82.1	26	
27																										97.7	94.3	91.1	88.1	85.3	27	
28																											97.8	94.5	91.3	88.5	28	
29																												97.9	94.7	91.6	29	
30																													97.9	94.8	30	
31																														98.0	31	

Ссылки:

- (1) Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research, by Fisher and Yates, Hafner pub. Co., 1963, Table XX, 94-95.
 (2) Tables of Normal Probability Functions, US Governmental Printing Office, 1953, Table 1, 2-338.
 (3) Pearson C and Hartley Biometrika Tables for Statisticians Volume I Cambridge University Press, 1954, Table 28, 175, Table 1 104-110.
 (4) Harter M Leon Expected Values of Normal Order Statistics, ARL Technical Report 60-292, Wright-Patterson Air Force Base, July 1960.

Таблица I-1. Положение на оси OX разных точек при разном числе замеров - *продолжение*

№	Число замеров n																			№
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
1	1.92	1.88	1.83	1.74	1.70	1.66	1.62	1.58	1.54	1.50	1.46	1.43	1.39	1.36	<u>1.33</u>	<u>1.31</u>	1.29	1.25	1.22	1
2	4.9	4.8	4.6	4.6	4.5	4.3	4.2	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.4	3.3	3.2	3.2	2
3	8.1	7.8	7.6	7.4	7.2	6.9	6.8	6.7	6.4	6.3	6.2	6.1	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2	3
4	11.1	10.9	10.6	10.2	10.0	9.7	9.4	9.2	9.0	8.7	8.5	8.4	8.1	7.9	7.8	7.6	7.5	7.4	7.2	4
5	14.2	13.8	13.3	13.1	12.7	12.3	12.1	11.7	11.5	11.1	10.9	10.6	10.4	10.2	10.0	9.7	9.5	9.3	9.2	5
6	17.4	16.9	16.4	15.9	15.4	15.2	14.7	14.2	14.0	13.6	13.3	12.9	12.7	12.3	12.1	11.9	11.7	11.3	11.1	6
7	20.6	19.8	19.2	18.7	18.1	17.9	17.4	16.9	16.4	16.1	15.6	15.4	14.9	14.7	14.2	14.0	13.8	13.3	13.1	7
8	23.6	23.0	22.4	21.5	20.9	20.3	19.8	19.5	18.9	18.4	18.1	17.6	17.1	16.9	16.4	16.1	15.9	15.4	15.2	8
9	26.8	25.8	25.1	24.5	23.6	23.3	22.7	22.1	21.5	20.9	20.3	20.0	19.5	18.9	18.7	18.1	17.9	17.4	17.1	9
10	29.8	28.8	28.1	27.4	26.4	25.8	25.1	24.5	23.9	23.3	22.7	22.4	21.8	21.2	20.9	20.3	20.0	19.5	19.2	10
11	33.0	31.9	30.9	30.2	29.5	28.4	27.8	27.1	26.4	25.8	25.1	24.5	23.9	23.6	23.0	22.4	22.1	21.5	21.2	11
12	35.9	34.8	34.1	33.0	31.9	31.2	30.5	29.5	28.8	28.1	27.4	26.8	26.1	25.8	25.1	24.5	24.2	23.6	23.0	12
13	39.0	37.8	36.7	35.9	34.8	33.7	33.0	32.3	31.2	30.5	29.8	29.1	28.4	27.8	27.4	26.7	26.1	25.5	25.1	13
14	42.1	40.9	39.7	38.6	37.4	36.7	35.6	34.8	33.7	33.0	32.3	31.6	30.9	30.2	29.5	28.8	28.1	27.8	27.1	14
15	45.2	44.0	42.9	41.3	40.5	39.4	38.2	37.1	36.3	35.6	34.5	33.7	33.0	32.3	31.6	30.9	30.2	29.8	29.1	15
16	48.4	46.8	45.6	44.4	43.3	42.1	40.9	39.7	39.0	37.8	37.1	35.9	35.2	34.2	33.7	33.0	32.3	31.6	31.2	16
17	51.6	50.0	48.4	47.2	46.0	44.4	43.6	42.5	41.3	40.1	39.4	38.6	37.4	36.7	35.9	35.2	34.5	33.7	33.0	17
18	54.8	53.2	51.6	50.0	48.8	47.2	46.0	44.8	43.6	42.9	41.7	40.9	39.7	39.0	38.2	37.4	36.7	35.9	35.2	18
19	57.9	56.0	54.4	52.8	51.2	50.0	48.8	47.6	46.4	45.2	44.0	43.3	42.1	41.3	40.1	39.4	38.6	37.8	37.1	19
20	61.0	59.1	57.1	55.6	54.0	52.8	51.2	50.0	48.4	47.6	46.4	45.2	44.4	43.3	42.5	41.7	40.5	39.7	39.0	20
21	64.1	62.2	60.3	58.7	56.7	55.6	54.0	52.4	51.2	50.0	48.8	47.6	46.4	45.6	44.4	43.6	42.9	41.7	40.9	21
22	67.0	65.2	63.3	61.4	59.5	57.9	56.4	55.2	53.6	52.4	51.2	50.0	48.8	47.6	46.8	45.6	44.8	44.0	42.9	22
23	70.2	68.1	65.9	64.1	62.6	60.6	59.1	57.5	56.4	54.8	53.6	52.4	51.2	50.0	48.8	48.0	46.8	46.0	44.8	23
24	73.2	71.2	69.1	67.0	65.2	63.3	61.8	60.3	58.7	57.1	56.0	54.8	53.6	52.4	51.2	50.0	48.4	48.0	46.8	24
25	76.4	74.2	71.9	69.8	68.1	66.3	64.4	62.9	61.0	59.9	58.3	56.7	55.6	54.4	53.2	52.0	51.2	50.0	48.4	25
26	79.4	77.0	74.9	72.6	70.5	68.8	67.0	65.2	63.7	62.2	60.6	59.1	57.9	56.7	55.6	54.4	53.2	52.0	51.2	26
27	82.6	80.2	77.6	75.5	73.6	71.6	69.5	67.7	66.3	64.4	62.9	61.4	60.3	58.7	57.5	56.4	55.2	54.0	53.2	27
28	85.8	83.1	80.8	78.5	76.4	74.2	72.2	70.5	68.8	67.0	65.5	64.1	62.6	61.0	59.9	58.3	57.1	56.0	55.2	28
29	88.9	86.2	83.6	81.3	79.1	76.7	74.9	72.9	71.2	69.5	67.7	66.3	64.8	63.3	61.8	60.6	59.5	58.3	57.1	29
30	91.9	89.1	86.7	84.1	81.9	79.7	77.3	75.5	73.6	71.9	70.2	68.4	67.0	65.5	64.1	62.6	61.4	60.3	59.1	30
31	95.1	92.2	89.4	86.9	84.6	82.1	80.2	77.9	76.1	74.2	72.6	70.9	69.1	67.7	66.3	64.8	63.3	62.2	61.0	31
32	98.08	95.2	92.4	89.8	87.3	84.8	82.6	80.5	78.5	76.7	74.5	73.2	71.6	69.8	68.4	67.0	65.5	64.1	62.9	32
33		98.12	95.4	92.6	90.0	87.7	85.3	83.1	81.1	79.1	77.3	75.5	73.9	72.2	70.5	69.1	67.7	66.3	64.8	33
34			98.17	95.4	92.8	90.3	87.9	85.8	83.6	81.6	79.7	77.6	76.1	74.2	72.6	71.2	69.8	68.4	67.0	34
35				98.26	95.5	93.1	90.6	88.3	86.0	83.9	81.9	80.0	78.2	76.4	74.9	73.2	71.9	70.2	68.8	35
36					98.3	95.7	93.2	90.8	88.5	86.4	84.4	82.4	80.5	78.8	77.0	75.5	73.9	72.2	70.9	36
37						98.34	95.8	93.3	91.0	88.9	86.7	84.6	82.9	81.1	79.1	77.6	75.8	74.5	72.9	37
38							98.38	95.9	93.6	91.3	89.1	87.1	85.1	83.1	81.3	79.7	77.9	76.4	74.9	38
39								98.42	96.0	93.7	91.5	89.4	87.3	85.3	83.6	81.9	80.0	78.5	77.0	39
40									98.46	96.1	93.8	91.6	89.6	87.7	85.8	83.8	82.1	80.5	78.8	40
41										98.5	96.2	93.9	91.9	89.8	87.9	86.0	84.1	82.6	80.8	41
42											98.54	96.3	94.2	92.1	90.0	88.1	86.2	84.6	82.9	42
43												98.57	96.4	94.3	92.2	90.3	88.3	86.7	84.8	43
44													98.61	96.5	94.4	92.4	90.5	88.7	86.9	44
45														98.64	96.6	94.5	92.5	90.7	88.9	45
46															98.68	96.6	94.6	92.6	90.8	46
47																98.68	96.7	94.7	92.8	47
48																	98.71	96.8	94.8	48
49																		98.75	96.8	49
50																			98.78	50

Если число замеров больше 50, положение по оси ОХ вычисляется так:

положение = $[100 * (\text{порядковый номер} - 0.5)] / [\text{число замеров}]$

Пример:

Число замеров = 51,

Порядковый номер

1

Положение по оси ОХ

$0.98 = 100 * (1 - 0.5) / 51$

2

$2.94 = 100 * (2 - 0.5) / 51$

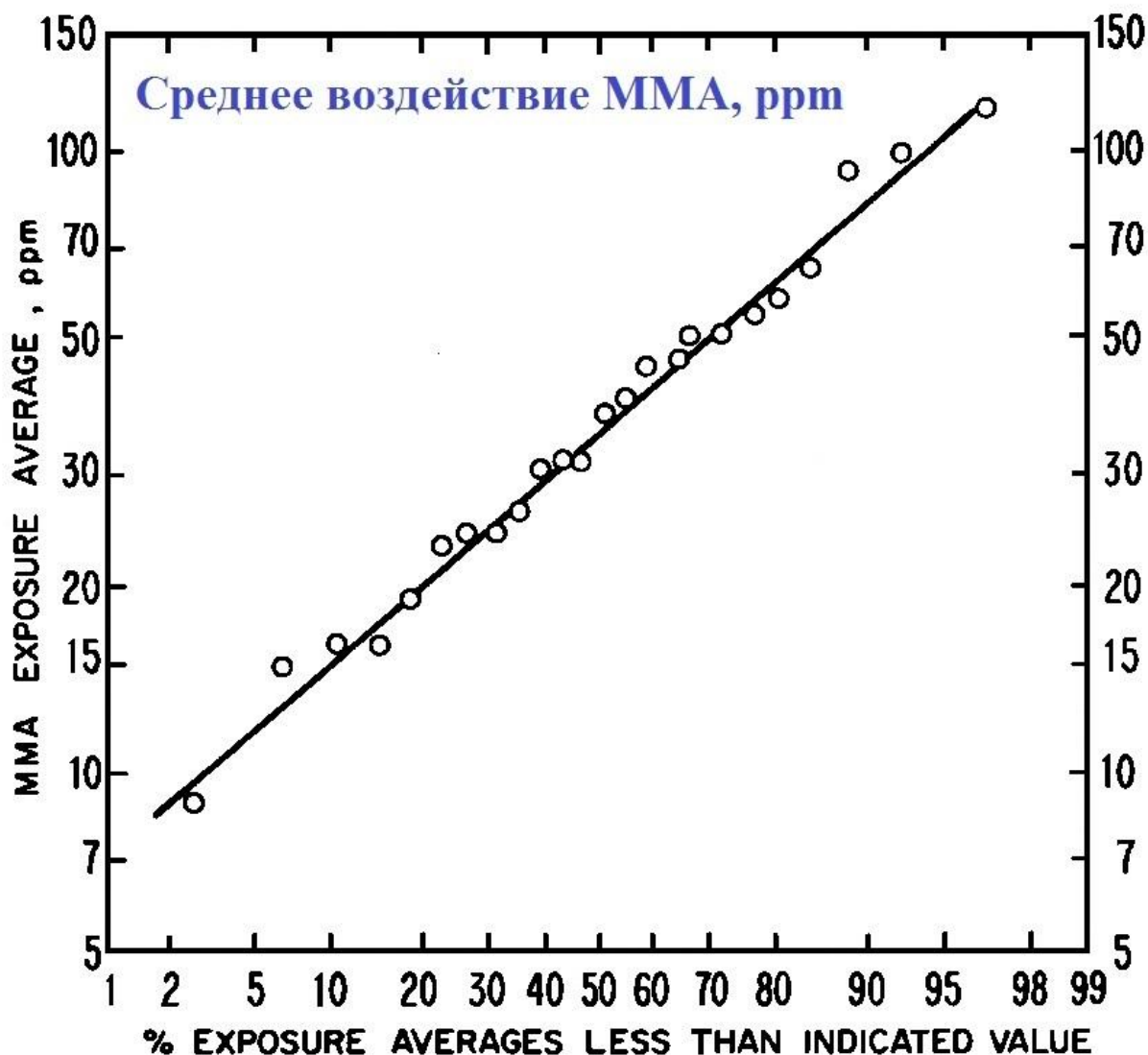
...

...

51

$99.02 = 100 * (51 - 0.5) / 51$

Фиг. I-5. Распределение средних воздействий метакрилата на рабочих



Доля (%) значений воздействия, которые меньше отложенного на ОХ

Figure I-5. MMA exposure average distribution in mix men classification.

Распределение воздействия метилметакрилата (ММА) у группы рабочих

Ссылки

- I-1. Hounam RF:** An Application of the Log-Normal Distribution to Some Air Sampling Results and Recommendations on the Interpretation of Air Sampling Data. Atomic Energy Research Establishment Report AERE-M 1469. Her Majesty's Stationery Office, London, England, 1965.
- I-2. Gale HJ:** The Lognormal Distribution and Some Examples of Its Application in the Field of Radiation Protection. Atomic Energy Research Establishment Report AERE-R 4736, Her Majesty's Stationery Office, London, England, 1965.
- I-3. Gale HJ.** Some Examples of the Application of the Lognormal Distribution in Radiation Protection. *Annals of Occupational Hygiene*, 10:39-45, 1967.
- I-4. Coenen W:** The Confidence Limits for the Mean Values of Dust Concentration. *Staub* (English Translation), 26:39-45, May 1966.
- I-5. Jones AR and Brief:** Evaluating Benzene Exposures. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 32:610-613, 1971.
- I-6. Sherwood RJ:** The Monitoring of Benzene Exposure by Air Sampling. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 32:840-846, 1971.
- I-7. Santner JF:** An Introduction to Normal Probability Paper/ Environmental Control Administration Course Manual, USPHS, DHEW, Cincinnati, Ohio (unpublished).
- I-8. Kottler F:** The Distribution of Particle Sizes; Part II, The Probability Graphs. *Journal of the Franklin Institute*, 250:419-441. November 1950.
- I-9. Hahn GJ and SS Shapiro:** *Statistical Models in Engineering*. John Wiley and Sons, Inc, New York, NY 1971.
- I-10. Daniel C and FS Wood:** *Fitting Equations to Data*. Wiley-Interscience, New York, NY, 1971.
- I-11. Berry G and NE Day:** The Statistical Analysis of the Results of Sampling an Environment for a Contaminant When Most Samples Contain an Undetectable Level. *American Journal of Epidemiology*. 97(3):160-166, 1973.
- I-12. Hald A:** *Statistical Theory with Engineering Applications*. John Wiley and Sons, Inc, New York, NY 1952.

Техническое приложение J

Доверительные пределы и уровни доверия, и их влияние рабочего и на риск рабочего

В разделе 1.5 было сказано, что из-за влияния на результат случайных погрешностей измерения полученные измеренные значения концентрации являются всего лишь оценками неизвестных правильных средних значений концентрации. Описанные в Главе 4 методы учитывают случайные отличия между истинным значением измеренного производственного воздействия и реальным воздействием. (Это позволяет) сделать (обоснованные) заявления об относительных значениях концентрации воздушных загрязнений (истинных) по отношению к ограничениям стандарта по охране труда (ПДК) - есть ли превышение ПДК. А в этом приложении обсуждается влияние выбранных уровней риска на вероятность того, что (можно будет) заявить о выполнении требований или об их нарушении. Для подготовки к обсуждению сравнения уровней риска сначала будут рассмотрены доверительные интервалы, проверка гипотез, ошибки первого и второго типов, и графики мощности критерия¹³ (*power function curves*).

Доверительные интервалы

Методы, описанные в Главе 4, особенно - в разделах 4.2.1 и 4.2.2, являются проверками статистических гипотез в рамках (определённых) доверительных интервалов. В разделе 4.2.1 обсуждается использование одностороннего нижнего доверительного предела (LCL) и одностороннего верхнего доверительного предела (UCL) на (возможность обоснованно) заявить о выполнении требований законодательства, возможном нарушении ограничений и нарушении требований. При принятии решений о том, было ли превышение воздействия по отношению к ПДК, будет полезно изучить назначение и полезность использования доверительных интервалов.

Предположим, что у всех рабочих истинное значение средней концентрации, воздействующей на них в производственных условиях, равно 80 ppm в один определённый день. У способа отбора проб и метода анализа коэффициент изменчивости (CVt) при определении среднесменного воздействия (8- часовая смена) равен 10% - при выполнении одного непрерывного замера в течение 8 часов. Если можно сделать много одновременных замеров воздействия в течение 8-часовой смены на одного и того же рабочего в один и тот же день, то распределение результатов таких измерений будет похожим на показанное на Фиг. J-1. Конечно, специалисты по ОТ для определения среднего воздействия на рабочих обычно делают по одному замеру в день. на основе реально сделанных измерений, мы хотим сделать (обоснованное) количественное заявление о значении неизвестного нам среднего истинного воздействия.

Показанное на Фиг. J-1 распределение результатов измерений даёт нам относительные частоты многих возможных значений, которые мы можем получить при проведении одного измерения. Около 68% возможных значений находится в диапазоне, расположенного около "центрального" значения - истинного, от 72 ppm ($\mu - \sigma$) до 88 ppm ($\mu + \sigma$). Таким образом, с вероятностью 68% результат одиночного измерения окажется в интервале $\pm 10\%$ (8 ppm) от истинного значения (80 ppm). Но в одной трети случаев, из-за случайных погрешностей, он будет попадать за пределы этого узкого интервала (в центре). В диапазон от 64.3 ppm ($\mu - 1.96 * \sigma$) до 95.7 ppm ($\mu + 1.96 * \sigma$) попадёт 95% от всех возможных значений результатов измерений. Как было показано в приложении D, поскольку проводились однократные замеры в течение 8 часов непрерывно, то у этого метода отбора проб и анализа при доверительном уровне 95% погрешность составляет 20% ($1.96 * CVt$) - так как результаты такого замера должны находиться в пределах $\pm 20\%$ от истинного воздействия в течение 95% времени.

Всегда неизвестно - какое же воздействие было на самом деле. Но нам известен коэффициент изменчивости метода отбора проб и их анализа CVt, число замеров (в рассматриваемом случае - один), и мы предполагаем, что распределение погрешностей соответствует нормальному закону (как показано на Фиг. J-1). Используя эту информацию, мы можем вычислить доверительные интервалы, ограничивающие с двух сторон интервалы значений, находящихся около измеренных значений так, что эти интервалы будут, вероятно, содержать истинное значение воздействия. (Из-за) большой вероятности того, что эти интервалы будут содержать истинные значения воздействия, их называют доверительными.

¹³ Согласно ГОСТ Р 50779-2000 Вероятность и основы статистики. Термины и определения.

Фиг. J-1. Предсказанное распределение результатов измерений, которые получатся при одновременном проведении замеров у одного и того же рабочего 8 часов непрерывно (одиночный замер) у рабочего, у которого истинное среднее воздействие (μ) равно 80 ppm. Коэффициент изменчивости метода отбора проб и их анализа $CV_t = 0.10$ (погрешность около $\pm 20\%$ при 95% уровне доверия).

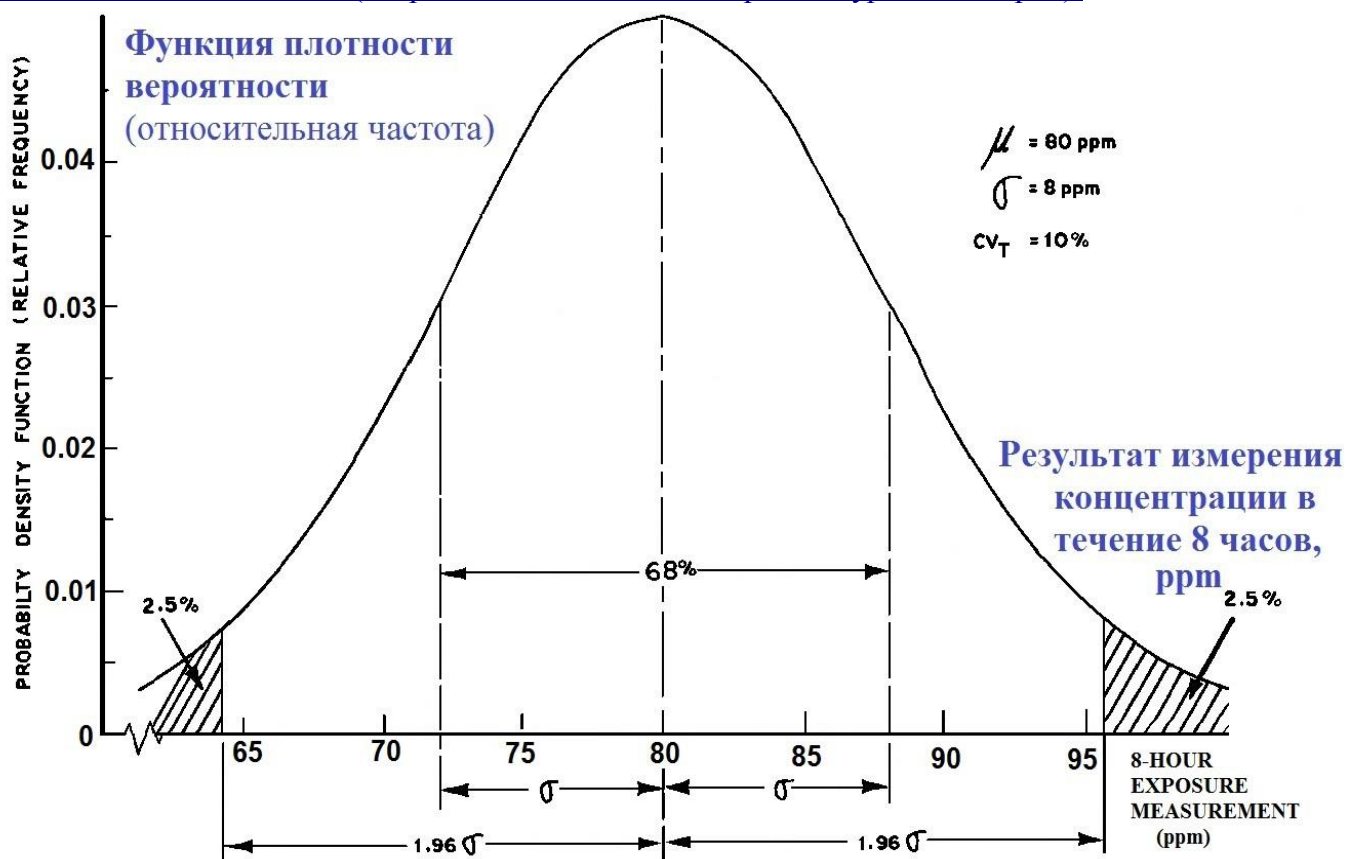


Figure J-1. Predicted sampling distribution of simultaneous single 8-hour samples from an employee with a true exposure average (μ) of 80 ppm. Samples obtained with a $CV_t = 0.10$ sampling/analytical method (about $\pm 20\%$ accuracy at 95% confidence level).

Предсказанное (вычисленное) распределение значений результатов одновременных 8-часовых замеров, сделанных у одного рабочего при истинном среднем воздействии 80 ppm (при $CV_t = 0.10$ метода отбора проб и их анализа - погрешность около $\pm 20\%$ при доверительном уровне 95%)

В Natrella (J-1) приводятся несколько иллюстраций (Фиг. 1-8 - 1-10), которые показывают это. Обычно при вычислении этих пределов мы выбираем доверительный коэффициент 0.95 (уровень доверия 95%). Слово "вероятность", которое используется здесь вместе с доверительными пределами, относится к относительной частоте (то есть - к доле случаев), когда на практике в границы доверительных пределов попадает истинное значение воздействия. Таким образом ожидается, что при проведении большого числа измерений 95% вычисленных доверительных интервалов будут содержать соответствующие истинные значения воздействия. Поэтому - так как мы проводим только одно измерение - вычисленные двусторонние доверительные интервалы не будут содержать истинное среднее значение воздействия с вероятностью 5%.

Иногда важно определить верхнюю границу возможных истинных значений воздействия, которая не будет превышена на практике с большой вероятностью (истинное среднее значение), или нижнюю границу истинных воздействий, которая с большой вероятностью будет ниже истинного значения. Пример использования верхней границы - мы можем захотеть, чтобы истинное среднее значение воздействия оказалось ниже ПДК (TLV) в 19 случаях из 20. Чтобы (успешно) пройти проверку, 95% односторонний доверительный предел должен быть меньше значения ПДК. Этот подход использован в разделе 4.1.

В целом об использовании доверительных пределов можно сказать следующее. Мы видим, что (*из-за непостоянства воздействия*) недостаточно сказать, что значение среднего истинного воздействия схоже с измеренным средним значением. (Применяя информацию о погрешности методов отбора проб и анализа), мы используем распределение значений измеренных воздействий для того, чтобы получить или двусторонний доверительный интервал (относительно среднего измеренного значения), или односторонний доверительный интервал (то есть - верхнюю или нижнюю границу) с одной стороны от измеренного среднего значения. Затем мы можем сказать, что (с выбранным уровнем доверия) двусторонний интервал (или же односторонний интервал) содержит истинное среднее значение воздействия. А вероятность того, что мы проведём измерения так неудачно, что результат измерений будет настолько сильно отличаться от истинного значения, что последнее не попадёт в доверительный интервал - это уровень риска (данного) доверительного интервала. Использованный здесь термин "уровень риска" означает вероятность, дополняющую уровень доверия до 100%. То есть, при 95% доверительном интервале уровень риска будет 5% (вероятность того, что истинное значение не попадёт в интервал = 100% - 95% = 5%).

Проверка значимости, или проверка гипотез

Принятие решений в Главе 4 основано на доверительных интервалах, которые алгебраически эквивалентны соответствующей статистической проверке значимости. Полезно рассмотреть используемую терминологию и проверку гипотез, и сравнить их с принятием решений с помощью доверительных интервалов.

Промышленному гигиенисту нужно проверить гипотезы, которые относятся к сравнению друг с другом истинных значений воздействия и установленных значений ПДК. В этом случае, гипотезой является предположение о значении (*state*) истинного среднего воздействия μ . Проверки статистической значимости рассматривают две гипотезы. Перед проведением измерений делается предварительное предположение о значении полного среднего воздействия по отношению к ПДК. Затем если статистическая проверка не покажет ошибочность предварительного предположения, оно принимается. Под ошибочностью мы имеем в виду, что вероятность того, что сделанные измерения окажутся соответствующими сделанным предварительным предположениям, будет низкой (например - меньше 5%). Эта предварительная отрицательная гипотеза называется нулевой гипотезой. Соответственно делается альтернативное - противоположное предположение. Такое предположение принимается тогда, когда нулевая гипотеза отбрасывается. Эти гипотезы основаны на том подходе, который использует промышленный гигиенист. Подходы, используемые работодателем и инспектором (по охране труда) - отличаются (от вышеописанных), и они будут рассмотрены ниже.

Подход работодателя

Каждый работодатель обязан обеспечить каждого своего работника безопасными и здоровыми условиями труда так, чтобы отсутствовали известные вредные факторы, которые могут привести к смерти или серьёзному повреждению здоровья. Для этого работодатель должен обеспечить снижение реального воздействия на сотрудника до уровня, меньшего соответствующей ПДК. Таким образом, работодатель должен принимать решения при оценке результатов измерений так, чтобы он был уверен, что у него нет сотрудников, воздействие на которых превышает (среднесменные) ПДК, и что у него нет сотрудников, воздействие на которых превышает (краткосрочные) ПДК в любой момент времени. Со статистической точки зрения, работодатель должен сформулировать нулевую гипотезу о том, что реальное воздействие превышает ПДК, и возложить "бремя доказывания" на результаты измерений, которые могут показать выполнение требований с учётом изменчивости результатов измерений. Для проверки работодателем выполнения требований законодательства:

Нулевая гипотеза H_0 : $\mu > \text{ПДК}$ - нарушение требований;

Альтернативная гипотеза H_a : $\mu \leq \text{ПДК}$ - выполнение требований законодательства.

Подход инспектора по ОТ

Государственная инспекция должна выполнить проверку выполнения требований законодательства так, чтобы её результаты проверки были обоснованы. То есть, она должна доказать, что в день проведения замеров произошло превышение ПДК. Это связано с тем, что стандарты OSHA относятся или к среднесменному воздействию (за 8 часов), или ограничивают кратковременное

воздействие, которое не должно превышать ни разу в течение смены (стандарт 29 CFR 1910.1000). Таким образом, инспектор должен сформулировать нулевую и альтернативную гипотезы так, чтобы (использованные) результаты измерений могли показать нарушение требований законодательства с учётом случайной погрешности результатов измерений. Для инспектора - проверка нарушения требований законодательства:

Нулевая гипотеза $H_0: \mu \leq \text{ПДК}$ - выполнение требований законодательства;

Альтернативная гипотеза $H_a: \mu > \text{ПДК}$ - нарушение требований.

Ошибки при проверке гипотез

Когда мы используем доверительный интервал как критерий для измеренных средних значений (X^*), мы сознаём, что есть риск, что в доверительный интервал не попадёт значение истинного среднего воздействия. При проверке гипотез используют термины: ошибка первого рода и ошибка второго рода. Эти термины относятся к двум видам ошибочных решений, которые мы можем сделать на основании результатов наших измерений и проверок. Если мы отвергнем нулевую гипотезу (и примем альтернативную гипотезу) в случае, когда верна именно нулевая гипотеза, то мы совершим ошибку первого рода. С другой стороны, если мы не отвергнем нулевую гипотезу, когда она на самом деле ошибочна, то мы совершим ошибку второго рода.

В таблице приведена информация о проверке гипотез работодателем и инспектором

Проверка инспектором нарушения требований законодательства		
	Реальное состояние дел	
Результат проверки	Требования выполняются	Требования не выполняются
Принято решение о отсутствии нарушений	Нет ошибок	Ошибка второго рода
Принято решение о наличии нарушений	Ошибка первого рода	Нет ошибок
Проверка работодателем выполнения требований законодательства		
	Реальное состояние дел	
Результат проверки	Требования выполняются	Требования не выполняются
Принято решение о отсутствии нарушений	Нет ошибок	Ошибка первого рода
Принято решение о наличии нарушений	Ошибка второго рода	Нет ошибок

Чтобы прояснить интерпретацию принятия статистических решений, мы будем обсуждать приведённую таблицу, используя то, что относится к инспектору. В Главе 4 мы сформулировали критерии принятия решений инспектором:

Отбрасывание $H_0: \mu \leq \text{ПДК}$, и

Принятие $H_0: \mu > \text{ПДК}$ - всякий раз, когда доверительный интервал для истинного среднего значения при уровне доверия $100(1-\alpha)\%$ не включает в себя значение 1 ПДК.

Риск (вероятность) совершить ошибку первого рода обозначается α . Максимальное значение α - это уровень значимости проверки. Заметим, что уровень доверия $(1-\alpha)$ является величиной, дополняющей α (для ошибки первого рода) до 100%. Это так, поскольку при принятии решения мы используем доверительный интервал, а он по своей формулировке алгебраически эквивалентен уровню значимости α при проверке нулевой гипотезы H_0 , таким образом, принятие решений на основе 95% доверительного интервала - это то же самое, что и проверка значимости с 5% максимальным риском (вероятностью) совершить ошибку первого рода.

Риск совершить ошибку второго рода обозначается β . Значение β изменяется в зависимости от величины реальных отличий между ПДК и истинным средним воздействием. Взаимосвязь между этими двумя видами риска показана или на графике функции мощности проверки (мощности критерия¹⁴), или на кривой оперативной характеристики (см. ту же сноску), обсуждаемой ниже. (Статистическая) мощность проверки (мощность критерия) - это вероятность принять альтернативную гипотезу в том случае, когда она верна. Эта (статистическая) мощность обозначается $(1-\beta)$, и она дополняет вероятность совершить ошибку второго рода (β) до 100%.

¹⁴ Мощность критерия - вероятность недопущения ошибки второго рода, ГОСТ Р 50779-2000.

Взаимосвязь доверительных пределов и проверок значимости

Эквивалентность проверок, описанных в Главе 4 и соответствующих проверок значимости показана выше, и в этом приложении не приводится. Достаточно сказать, что (используемые) нами правила принятия решений эквивалентны проверке значимости нулевой гипотезы, приведённым выше. В главе 21 в (J-1) приводится обсуждение сравнения двух этих подходов. Мы предпочитаем использовать односторонние пределы - верхний и нижний - так как величина отличия между этим пределом и ПДК позволяет оценить, насколько обоснованно принятое нами решение. Для дополнительного изучения этих вопросов рекомендуем: Bowker and Liberman (J-2), Crow et al (J-3) и Snedecor and Cochran (J-4).

Графики функции мощности проверки

Ранее термин "95% уровень доверия" использовался для проверки статистических гипотез. Этот термин появился из-за того, что используется 5% уровень риска в эквивалентной статистической проверке гипотез. Очевидным преимуществом использования статистических проверок для принятия решения о соответствии требований законодательства является то, что можно заранее выбрать максимальный желаемый уровень риска, и вычислить кривые функции мощности критерия. Эти графики дают значения мощности проверки $(1-\beta)$ как функции от истинного среднего μ . Barlett and Provost в (J-5) показали, как можно пятью различными способами интерпретировать стандарты, уровни риска и др. Работодатели, инспектора и рабочие по-разному могут интерпретировать (вышеперечисленное). Интерпретация затрагивает размер выборки, выбранные уровни доверия или риска, и критерия принятия или отвержения (гипотез).

Для иллюстрации разных интерпретаций можно использовать графики функции мощности (критерия) для каждой проверки. Функция мощности дополняет функцию оперативной характеристики. В Natrella (J-1) и Bowker and Liberman (J-2) приводятся кривые оперативных характеристик для многих обычных (стандартных) статистических проверок. Мы будем вычислять схожую функции мощности для проверок из разделов 4.2.1 и 4.2.2. При выполнении этих проверках предполагается, что при проверке нулевой гипотезы CVt известен без погрешности, (и) что истинное среднее значение равно ПДК. Таким образом, значение $1.645 \cdot CVt \cdot \sqrt{n}$ является мерой погрешности отбора проб и метода их анализа (у измеренного среднего значения стандартизованной концентрации). Точнее - в этой формуле 1.645 является 95% перцентилью стандартизованного нормального распределения. Для получения верхнего одностороннего предела - 95%-го доверительного предела для истинной средней стандартизованной концентрации - вычисленное с помощью этой формулы значение добавляется к среднему измеренному значению (или же, для получения нижнего одностороннего предела, оно вычитается из среднего измеренного значения) в соответствии с разделами 4.2.1 и 4.2.2. (Для обсуждения значения используемого термина "уровень доверия" обратитесь к (статистическим замечаниям в 4.2.1.). Если учитывать, что имеется погрешность как при определении среднего значения стандартизованного воздействия \bar{x} , так и при определении CVt, то можно вычислить более точное значение 95% предела погрешности. (значения CVt, приведённые в техническом приложении D для методов отбора проб и их анализа NIOSH, были получены для 6 замеров для каждой из трёх концентраций загрязнений). Если это сделать, то коэффициент 1.645 для большинства из методов нужно будет увеличить примерно на 10%, чтобы учесть неопределённость экспериментально полученных значений CVt. Но точный множитель, который нужно умножить на коэффициент 1.645 пока ещё нельзя вычислить, так как наши CVt определены при проведении измерений при тщательно контролируемом расходе воздуха при использовании критического отверстия. Значения CV для дополнительной погрешности (в производственных условиях) вызванные использованием индивидуального пробоотборного насоса (обозначаются CVp) были добавлены для получения консервативных значений CVt в техническом приложении D.

Мы используем CVt как известную величину¹⁵, и используем нормальное распределение (а не Student-t) как основу для проверки статистики и для соответствующих функций мощности, приводимых ниже. Мы считаем, что при внесении (дополнительных) поправок с использованием результатов

¹⁵ Когда будут получены (более) хорошие оценки значений CVp, NIOSH опубликует новую таблицу, пересмотрев значения CVt и обновит (то есть - немного увеличит) множитель, который заменит 1.645.

экспериментальных измерений CV_p вместо 0.05, общий эффект такого уточнения пренебрежимо мал, поскольку ожидается, что две поправки дают вклад в противоположных направлениях. Значение коэффициента 1.645 немного возрастёт, но оценка CV_p (это компонент CV_t), как ожидается, будет меньше, чем 0.05. В целом, мы считаем, что статистические проверки, описанные в разделах 4.2.1 и 4.2.2, а также графики функции мощности, приведённые в этом разделе - достаточно точные. Но - до тех пор, пока не будут получены более точные экспериментальные оценки погрешности пробоотборного насоса, - "половину ширины" доверительного интервала можно увеличить на примерно 10% (то есть - использовать 1.81 вместо 1.645).

Фиг. J-2. График функции мощности (критерия) для одностороннего интервала (при проверке работодателем и 5% уровне риска) для проверки выполнения требований законодательства согласно указаниям разделов 4.2.1 и 4.2.2. Вычисления проводились для коэффициента

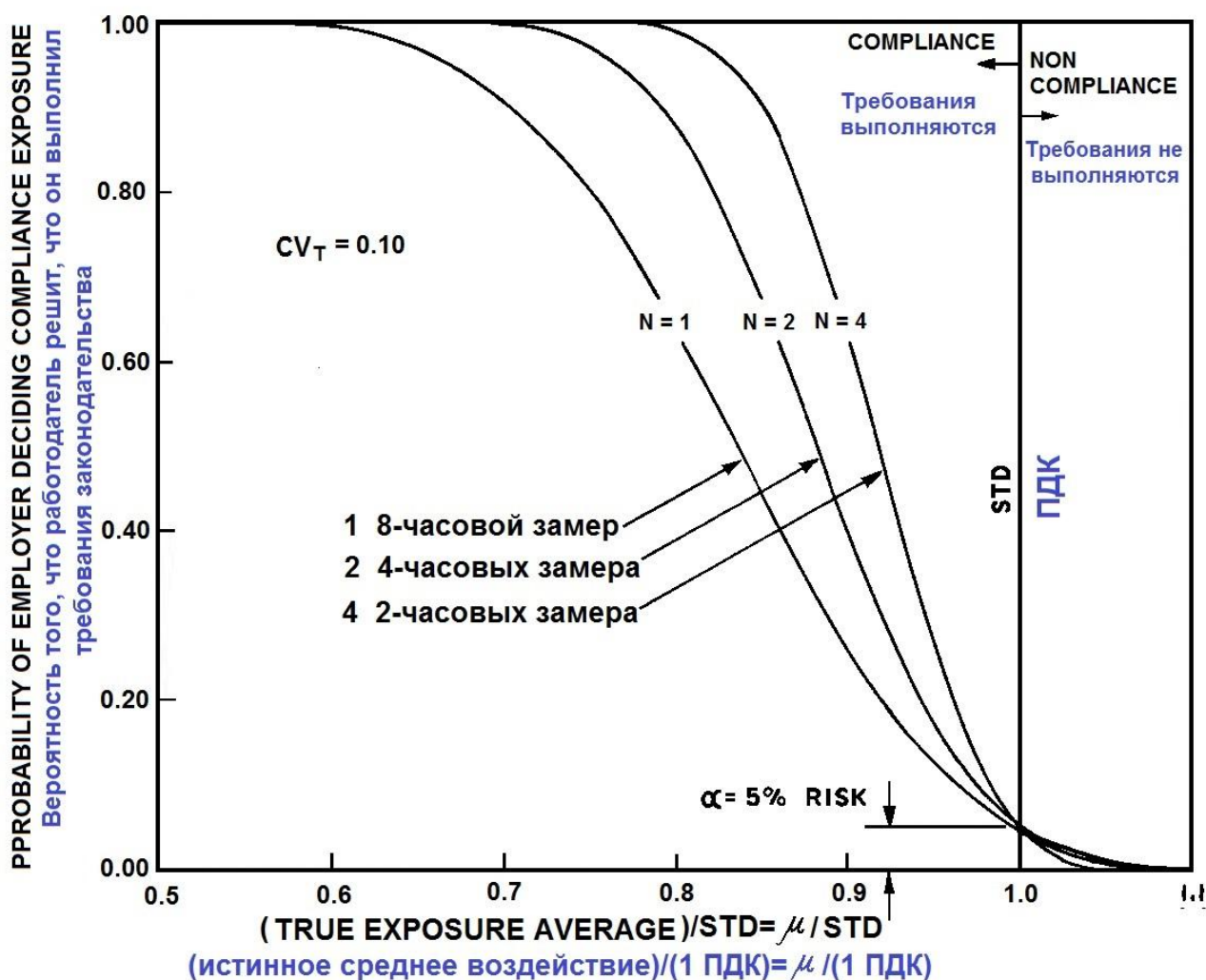


Figure J-2. Power function (PF) curve for one-sided Employer's Test (5% risk level) to ensure compliance as given in sections 4.2.1 and 4.2.2. Calculated for sampling/analytical method with $CV_T = 0.10$ (about $\pm 20\%$ accuracy at 95% confidence level).

Ниже приводится обсуждение вычисления кривых мощности. На Фиг. J-2 (графики приводятся) для проверки работодателем выполнения требований; статистическая проверка (согласно раздела 4.2.2.1) - верхний доверительный предел (95%):

$$UCL(95\%) = \bar{x} + [1/645 * CV_t] / \sqrt{(n)}$$

где 1.645 является коэффициентом для одностороннего 95% предела у нормального распределения.

Если верхний доверительный предел UCL меньше 1, то результатом проведённой проверки является отбрасывание нулевой гипотезы H_0 о нарушении требований законодательства, и принятие альтернативной гипотезы H_a . Эквивалентным правилом для принятия решения является:

$$\{ \bar{x} \} < \{ 1 - [1.645 * CV_t] / \sqrt{(n)} \}$$
 для выполнения требований законодательства.

Пример:

Для одиночного 8-часового замера ($n=1$) и $CV_T = 0.10$ для выполнения требований необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$\{ \bar{x} \} < \{ 0.8355 \}$$

Для (получения) графика функции мощности (критерия) мы должны рассмотреть все возможные стандартизованные значения измеренных средних стандартизованных значений \bar{x} , которые могут быть получены, и те из них, которые могут привести к отбрасыванию нулевой гипотезы. Пусть истинное среднее стандартизованное воздействие μ/STD равно 0.9, то есть - что воздействие на рабочего меньше ПДК с запасом 10%. Когда мы проверяем нулевую гипотезу о нарушении требований законодательства, мощностью проверки будет вероятность того, что проверка результатов покажет выполнение требований, то есть - отвергнет нулевую гипотезу. Вероятность отбрасывания H_0 равна:

$$\text{Вероятность } [\bar{x} < 0.8355]$$

Мы вычисляем стандартную нормальную переменную:

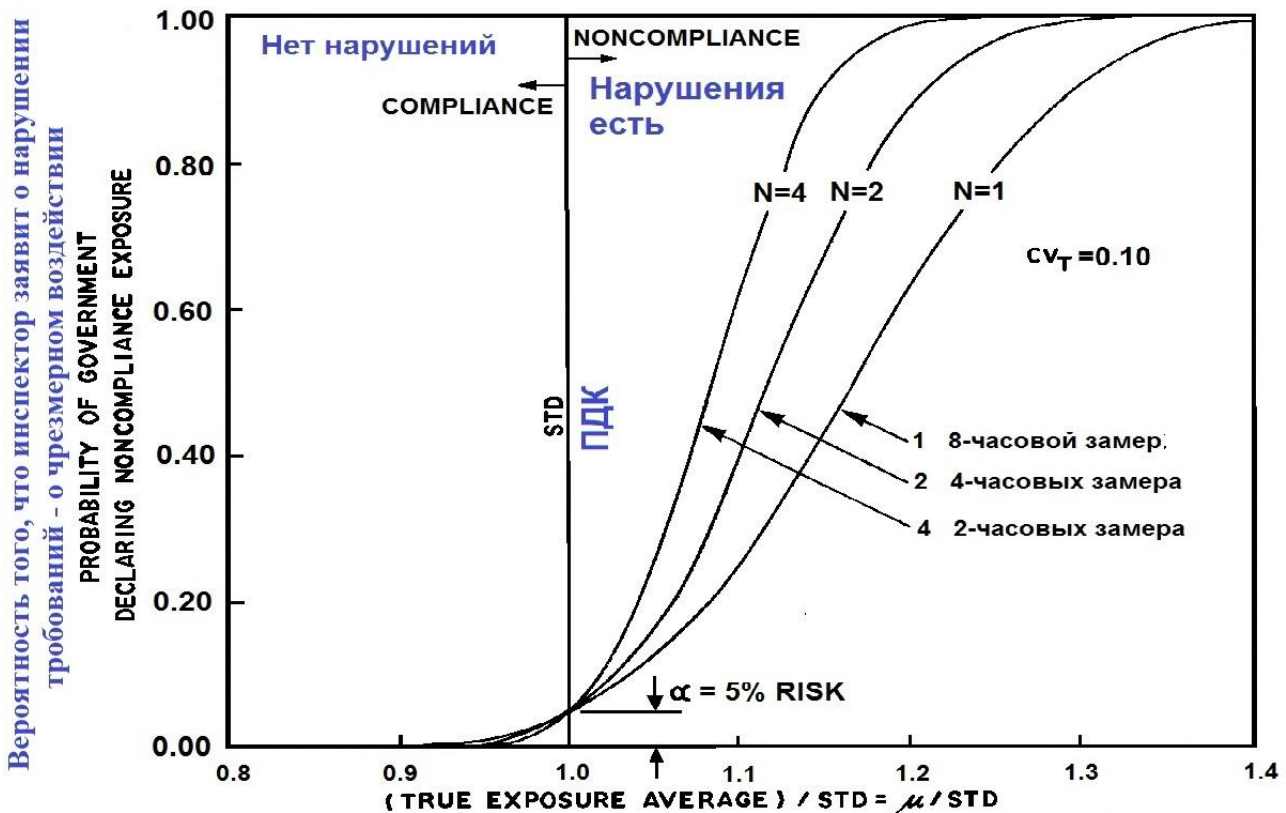
$$z = \{ 0.8355 - 0.9 \} / \{ CV_T / \sqrt{n} \} = -0.0645 / [0.10 / \sqrt{1}] = -0.645$$

Вероятность отвергнуть H_0 - это вероятность получить значение, меньшее чем (-0.645) с помощью стандартного нормального распределения (среднее значение равно 0, изменчивость 1).

$$\text{Вероятность } \{ z < (-0.645) \} \approx 0.26$$

При таком подходе стандартизованное нормальное распределение было использовано для вычисления графиков, показанных на Фиг. J-2 ÷ J-6. Для вычислений использовали калькулятор Wang 2200 и программу PS.01-2200.01A-00f1-16-0 для вычисления интегралов нормального распределения.

Фиг. J-3. График функции мощности (критерия) для одностороннего интервала (при проверке инспектором и 5% уровне риска) для проверки нарушения требований законодательства согласно указаниям разделов 4.2.1 и 4.2.2. Вычисления проводились для коэффициента изменчивости отбора проб и их анализа $CV_T = 0.10$ (погрешность около $\pm 20\%$ при уровне доверия 95%).



Истинное среднее воздействие / ПДК = $\mu / \text{ПДК}$

Figure J-3. Power function (PF) curve for one-sided Compliance Officer's Test (5% risk level) to detect noncompliance as given in sections 4.2.1 and 4.2.2. Calculated for sampling/analytical method with $CV_T = 0.10$ (about $\pm 20\%$ accuracy at 95% confidence level).

Сравнение функций мощности для проверок, проводимых инспектором, при уровнях значимости 1% и 5%

Для инспектора графики функции мощности (критерия) дают мощность (вероятность) того, что результаты измерений показывают нарушение требований, когда такое нарушение действительно существует. На Фиг. J-3 приводится график для проверки, проводимой инспектором, при уровне значимости (риске) 5%. Критерий (в этом случае) - повестка в суд не должна оформляться, если нижний 95% односторонний доверительный предел (95% LCL) значения воздействия на рабочего не превысил ПДК. Так как вероятность ошибки первого рода 5%, может ли работодатель заявить, что его некорректно обвиняют в течение 5% времени? Конечно нет. Только в том случае, если истинное среднее воздействие на рабочего, у которого проводились измерения, немножко меньше ПДК, имеется вероятность 5% того, что будет ошибочно оформлена повестка в суд, и эта (вероятность) быстро снижается почти до нуля при истинных значениях воздействия на рабочих, меньших ПДК. Термин "5%-й уровень риска" относится к максимальному риску заявить о нарушении требований законодательства в случае, когда истинное среднее воздействие на рабочего почти равно ПДК. Этот термин: "5% уровень риска" относится к максимальному риску сделать заявление о нарушении требований тогда, когда нарушения нет (то есть - когда истинное воздействие на рабочего точно равно ПДК). Этот термин имеет смысл только при таком среднем воздействии на рабочего (мало отличающемся от ПДК).

Как пример рассмотрим использование графика J-3 инспектором, который выполнил 2 последовательных 4-часовых замера, используя метод NIOSH с $CV_T=10\%$. При использовании методов, описанных в разделе 4.2.2, нельзя заявлять до тех пор, пока стандартизованное измеренное воздействие \bar{x} не превысит 1.116, то есть - не превысит ПДК на 11.6%. Если истинное среднее стандартизованное воздействие будет равно 1.116, то график на Фиг. J-3 покажет, что вероятность того, что будет сделано заявление о наличии нарушения, будет только 50%. Это потому, что только половина возможных измеренных будет превышать истинное среднее значение, и приведёт к выводу о нарушении требований. Сотрудник должен понять, что это обеспечивает достаточный уровень защиты (его интересов в отношении сохранения здоровья).

Фиг. J-4. График функции мощности (критерия) для одностороннего интервала (при проверке инспектором и 1% уровне риска) для проверки нарушения требований законодательства согласно указаниям разделов 4.2.1 и 4.2.2. Вычисления проводились для коэффициента изменчивости отбора проб и их анализа $CV_T = 0.10$ (погрешность около $\pm 20\%$ при уровне доверия 95%).

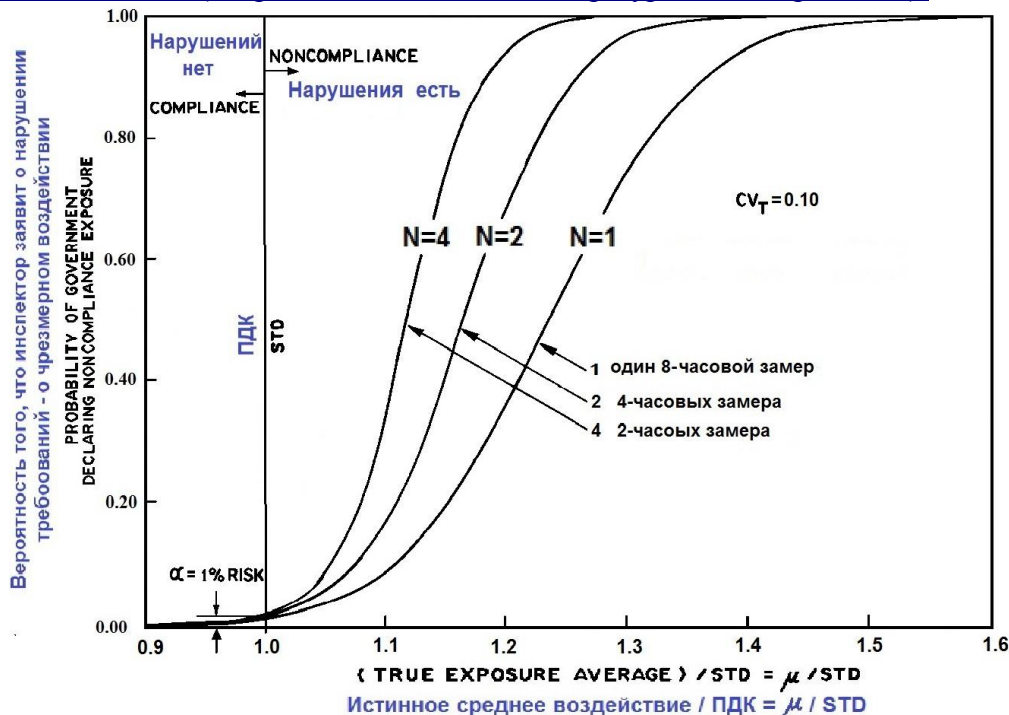


Figure J-4. Power function (PF) curve for one-sided Compliance Officer's Test (1% risk level) to detect noncompliance as given in sections 4.2.1 and 4.2.2. Calculated for sampling/analytical method with $CV_T=0.10$ (about $\pm 20\%$ accuracy at 95% confidence level).

Но потенциально работодатель может возразить, что выбор правительством уровня риска 5% не обеспечивает ему достаточную защиту от ошибочных санкций инспекции, если истинное среднее воздействие на рабочего (одного рабочего в течение одного дня) было равно или немного ниже ПДК. Работодатель может настаивать на использовании уровня риска 1%, и на Фиг. J-4 показано влияние использования такого предложения работодателя. Вероятность оформления повестки в суд при истинном превышении ПДК заметно снизилась. Для предыдущего примера при истинном стандартизованном среднем воздействии 1.116 вероятность того, что инспектор оформит повестку в суд снизилась (с 50%) до 27% при переходе к уровню риска (с 5% до) 1%. Для того, чтобы при уровне риска 1% вероятность оформления повестки стала равна 50%, необходимо, чтобы измеренное среднее стандартизованное воздействие было равно 1.164 - оно должно превышать ПДК на 16.4%. Таким образом, риск для работодателя снижается, а (степень) защиты рабочего значительно снижается.

На Фиг. J-3 показано влияние точности использованных методов отбора проб и их анализа при проверке инспектором при уровне риска 5% ($CV_T=10\%$), а на Фиг. J-6 для $CV_T=5\%$. На Фиг. J-2 показано влияние на проверку работодателем (уровень риска 5%, $CV_T=10\%$) и Фиг. J-5 ($CV_T=5\%$).

В заключение - мы считаем необходимым использовать статистические планы отбора проб и теорию принятия решений и при наблюдении за воздействием на рабочих, и как часть процесса принятия решений при определении того, произошло ли нарушение установленных законодательством ограничений воздействия (ПДК). Использование статистических проверок означает, что можно заранее выбрать желаемый уровень риска, и затраты на программу проведения измерений будут сведены к минимуму. Использование уровня риска 5% и для проверки выполнения требований, и для проверки их нарушения приемлемо, так как это (в достаточной степени) защищает и рабочих, и работодателей от неоправданного риска.

Фиг. J-5. График функции мощности (критерия) для одностороннего интервала (при проверке работодателем и 5% уровне риска) для проверки выполнения требований законодательства согласно указаниям разделов 4.2.1 и 4.2.2. Вычисления проводились для коэффициента изменчивости отбора проб и их анализа $CV_T = 0.05$ (погрешность около $\pm 10\%$ при уровне доверия 95%).

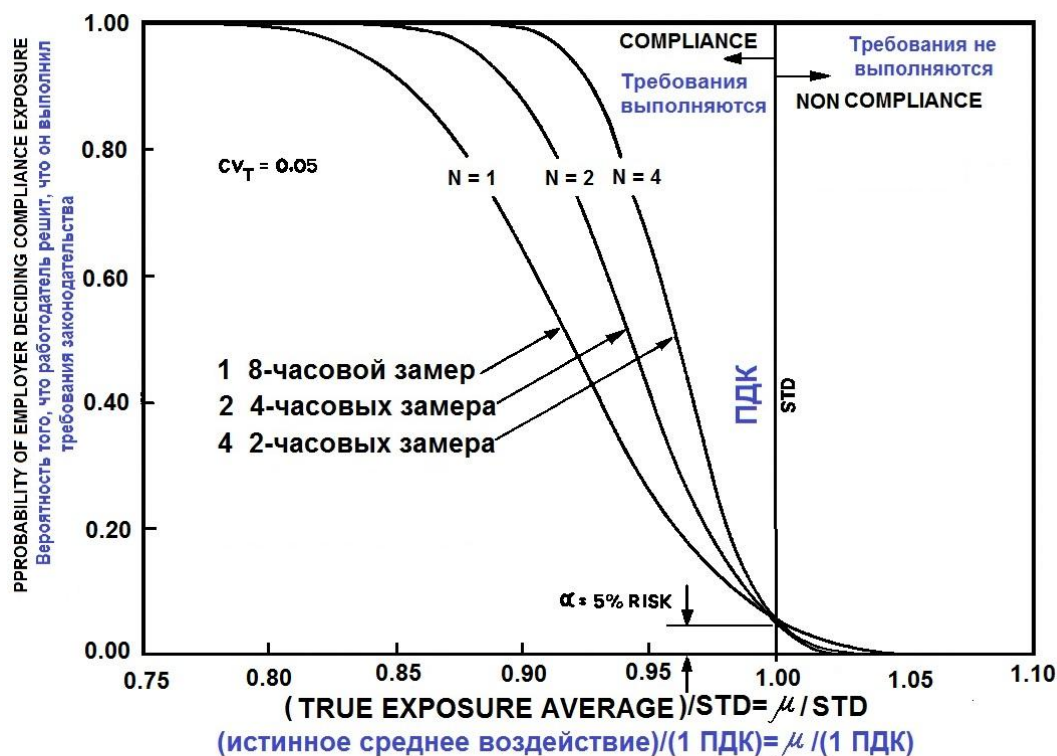


Figure J-5. Power function (PF) curve for one-sided Employer's Test (5% risk level) to ensure compliance as given in sections 4.2.1 and 4.2.2. Calculated for sampling/analytical method with $CV_T=0.05$ (about $\pm 10\%$ accuracy at 95% confidence level).

Фиг. J-6. График функции мощности (критерия) для одностороннего интервала (при проверке инспектором и 5% уровне риска) для проверки нарушения требований законодательства согласно указаниям разделов 4.2.1 и 4.2.2. Вычисления проводились для коэффициента изменчивости отбора проб и их анализа $CV_T = 0.05$ (погрешность около $\pm 10\%$ при уровне доверия 95%).

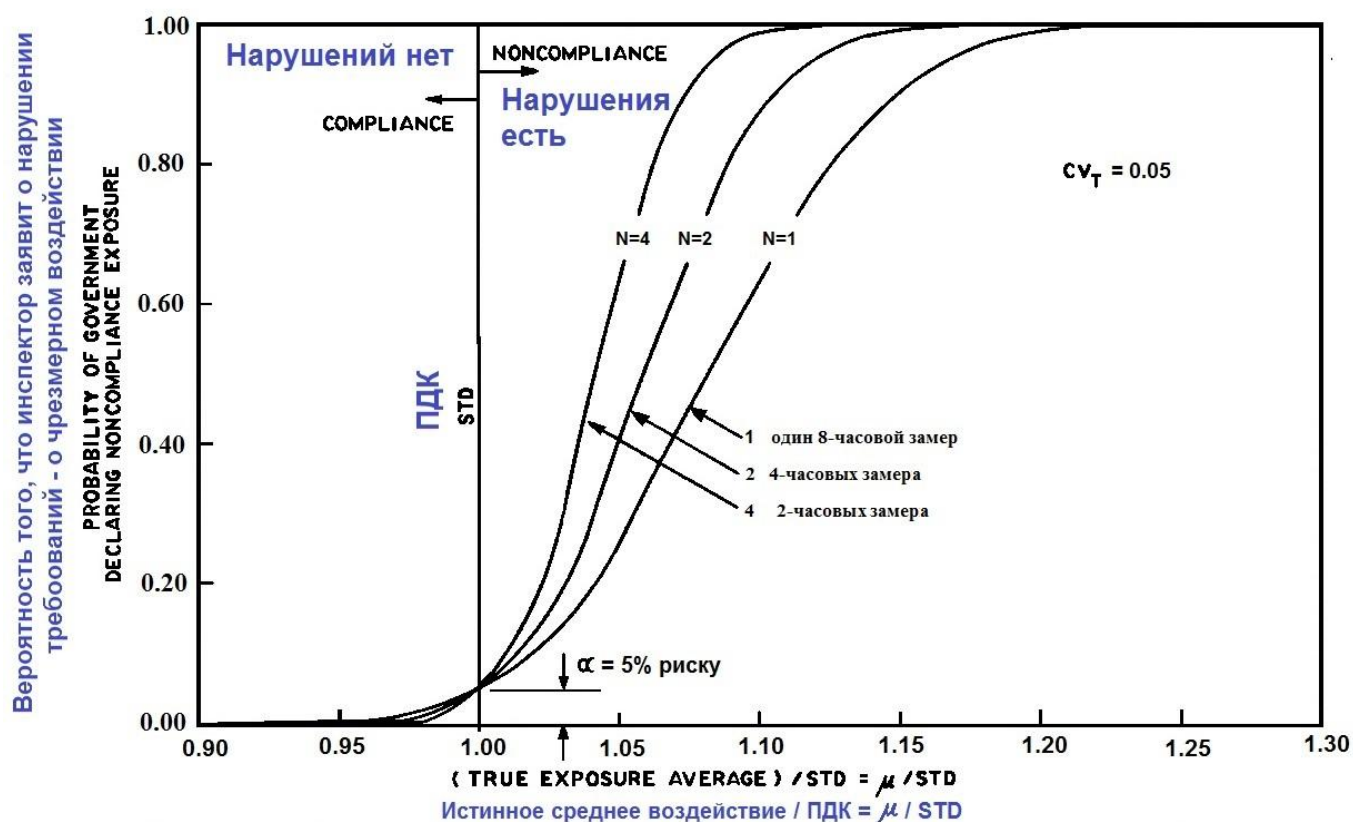


Figure J-6. Power function (PF) curve for one-sided Compliance Officer's Test (5% risk level) to detect noncompliance as given in sections 4.2.1 and 4.2.2. Calculated for sampling/analytical method with $CV_T = 0.05$ (about $\pm 10\%$ accuracy at 95% confidence level).

Ссылки

- J-1. Natrella MG:** Experimental Statistics. National Bureau of Standards Handbook 91. Governmental Printing Office, Washington, DC 20402, 1963.
- J-2. Bowker AH and GJ Lieberman:** Engineering Statistics, 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1972.
- J-3. Crow EL, FA Davis and MW Maxfield:** Statistics Manual. Dover Publications, New York, NY, 1960.
- J-4. Snedecor GW and WG Cochran:** Statistical Methods, 6th ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1967.
- J-5. Bartlett RP and LP Provost:** Tolerances in Standards and Specifications. Quality Progress, pp. 14-19, December 1973.

Техническое приложение К

Статистическая теория (принятия) решений при измерении воздействий и ограничении кратковременных воздействий¹⁶

При проведении измерений загрязнённости воздуха для определения того, не была ли концентрация загрязнений выше ПДК (кратковременной ПДК, обычно установленной для интервала 15 минут), проблема заключается в том, что на основании результатов, проводившихся в течение одного дня (нужно) сделать заключение о том, было ли превышение как в течение интервалов проведения измерений, так и в течение остальных интервалов времени (когда измерения не проводились) в этот день.

Принятие решения о степени воздействия

в течение тех интервалов времени, когда проводились измерения

Для принятия решения о величине воздействия во время интервалов, когда проводились измерения, используется односторонний доверительный интервал для наибольшего измеренного воздействия. При определении этой величины предполагается, что случайные погрешности измерения соответствуют нормальному закону распределения, а стандартное отклонение известно. Это стандартное отклонение определяется на основе коэффициента изменчивости способа отбора проб и их анализа. Если результаты всех сделанных измерений (с высокой степенью доверия) показывают, что в течение интервалов проведения замеров воздействие не превышало кратковременного ПДК, то для получения статистически-обоснованного вывода о воздействии в течение тех интервалов времени, когда измерения не проводились, используйте описанные ниже процедуры.

Оценка воздействия в течение тех интервалов времени, когда измерения не проводились

Эту проблему можно сформулировать как проверку нулевой гипотезы:

Но: во всех случаях потенциальное воздействие было ниже кратковременного ПДК.

Альтернативная гипотеза: по крайней мере в одном случае потенциальное воздействие могло превысить кратковременную ПДК.

Предположим, что имеется результат ряда измерений кратковременных воздействий, ($X_j, j=1 \dots n$) проводившихся в течение одного дня, и каждое из измерений проводилось в течение интервала времени, равного периоду, для которого установлено кратковременная ПДК. Пусть $x_j = X_j /$ (кратковременная ПДК = CSTD). То есть - стандартизируем результаты измерений.

Эти измерения - кратковременны по продолжительности, и если они не проводились так, что "примыкали" друг к другу, то предполагается, что они - независимы, и одинаково распределены в соответствии с законом нормального распределения. Так как в нашем случае рассматривается только измерение с течением времени, то можно пренебречь случайной погрешностью отбора проб и их анализа.

При формулировании статистической модели используются десятичные логарифмы стандартизованных результатов измерений. Пусть

$$y_i = \text{Log}[x_j, j=1 \dots n] \quad \text{(К-1)}$$

Чтобы принять решение (о величине) кратковременного воздействия на рабочего, нужно проверить следующие гипотезы с (заданной) максимальной вероятностью допустить ошибки первого и второго рода.

Но: $y_i \leq 0$ для всех $i = n+1, \dots N$. **(К-2)**

Альтернативная гипотеза H_1 : $y_i > 0$ для хотя бы одного из $i = n+1, \dots N$. **(К-3)**,

где N - число потенциально возможных замеров. Если кратковременная ПДК установлена для интервалов времени 15 минут, то (для 8-часовой смены) $N = 32$. Но - это гипотеза, которая справедлива при воздействии, меньшем ПДК, то есть - при выполнении требований законодательства. А H_1 - это

¹⁶ Материал, использованный в этом приложении, был разработан фирмой Systems Control Inc, и первоначально использовался в SCI Report #5119-1 pp. 17-20 (май 1975), который был сделан согласно договору с NIOSH (Contract #CDC-99-74-75).

альтернативная гипотеза о нарушении требований законодательства. Если ни один из этих двух выводов не может быть сделан с достаточно большим уровнем доверия, то такой случай рассматривают как возможное чрезмерное воздействие.

Описанная выше проблема проверки гипотез может быть сформулирована с помощью терминологии, использующей вероятность. Для данного ряда результатов измерений $y^n \Delta \{y_1, \dots, y_n\}$ вычислим вероятность выполнения требований законодательства P_c :

$$P_c \triangleq \{y_{n+1} \leq 0, \dots, y_N \leq 0 \mid y^n\} \quad (\mathbf{K-4})$$

Плотность вероятности для одного из потенциальных замеров можно записать как

$$p(y_k \mid y^n) = p(y_k, \mu, \sigma) * d\mu * d\sigma, \quad k=n+1 \dots N \quad (\mathbf{K-5})$$

где μ и σ - неизвестные величины (среднее значение и стандартное отклонения) результатов измерений y_j для $j=1, \dots, N$, а $p(y_j, \mu, \sigma \mid y^n)$ - это объединение пост-априорной плотности y_j , μ и σ для полученных результатов y^n . Используя (основанное на вере/фидуцированное) распределение μ (см. ссылку K-1)

$$\mu \sim N(\bar{y}; \sigma^2/n) \quad (\mathbf{K-6})$$

где $N(a,b)$ - нормальная плотность со средним значением a и изменчивостью b , и

$$(\text{среднее значение}) \bar{y} = (1/n) * [\sum y_i, \quad i=1, \dots, n] \quad (\mathbf{K-7})$$

Предположив, что имеющееся σ известно, тогда с помощью уравнения K-5 получим

$$p(y_k \mid y^n) = N\{\bar{y}; \sigma^2(1+1/n)\} \quad (\mathbf{K-8})$$

Затем

$$P\{y_k > 0 \mid y^n\} = \int_0^{\infty} N[y_k; \bar{y}, \sigma^2 * (1+1/n)] dy_k \triangleq \beta \quad \text{для } k = n+1 \dots N \quad (\mathbf{K-9})$$

$$P\{y_k > 0 \mid y^n\} = \int_0^{\infty} \mathcal{N}[y_k; \bar{y}, \sigma^2(1 + \frac{1}{n})] dy_k \triangleq \beta$$

Теперь вероятность выполнения требований P_c равна

$$P_c = \prod \{ P(y_k \leq 0) \} \quad (\text{для всех } k = n+1 \dots N) = \prod [1 - \{ P(y_k > 0) \}] \quad (\text{для всех } k = n+1 \dots N) \quad (\mathbf{K-10})$$

$$P_c = \prod_{k=n+1}^N P\{y_k \leq 0\} = \prod_{k=n+1}^N [1 - P\{y_k > 0\}]$$

Используя замечание, сделанное для уравнения (K-9) получим:

$$P_c = (1-\beta)^{N-n} \quad (\mathbf{K-11})$$

Если $(N-n)\beta \ll 1$, то достаточно точный результат можно получить с помощью приближённой формулы

$$P_c = 1 - (N-n)\beta \quad (\mathbf{K-12})$$

Предположение о известности σ не вполне оправдано. Учитывать эту дополнительную неопределённость для (K-2) можно с помощью Байесовских аргументов с диффузными изменениями (*Bayesian arguments with diffuse priors*). Но полученная процедура получается настолько сложной, что её трудно выполнить. Для уравнения (K-9) рекомендуется использовать вместо σ^2 - изменчивость s^2 :

$$s^2 = 1/(n-1) * \{ \sum [y_j - \bar{y}]^2 \text{ для всех } j=1 \dots n \} \quad (\mathbf{K-13})$$

для вычисления изменчивости результатов сделанных измерений.

Уравнение (K-11) показывает, что если $N-n$ (число интервалов, когда измерения не проводились) велико, то вероятность (подтверждённого) выполнения требований законодательства становится маленькой. А вероятность того, что хотя бы в одном случае произошло превышение ПДК - возрастает. Поэтому прямое применение уравнения (K-11) может дать чрезмерно пессимистический результат.

Это привело к (использованию) теории ожидаемого числа "пиков" в течение дня. Предположим, что для выполнения нескольких случайных измерений во время ожидаемо-критических интервалов времени использовался способ измерений, не лишённый погрешности. Если известен характер технологического процесса, можно определить общее число таких потенциально опасных интервалов в течение дня для уравнения (K-9) - (\hat{n}), а не ($N-n$). Если в течение всех \hat{n} интервалов проводились замеры, то приведённая процедура (принятия решений для интервалов, когда измерения не проводились) становится ненужной - требуется только проверить выполнение условий, описанных в разделе (*Оценка воздействия в течение тех интервалов времени, когда измерения не проводились*) выше. Повторим причины разработки метода оценки для проведения измерений в течение не всех потенциально опасных интервалов: уменьшение нагрузки на работодателя. Таким образом, если

сделанные замеры проводились в течение потенциально опасных интервалов (но не всех), и имеется ещё n дополнительных потенциально опасных интервалов, когда измерения не проводились, то классификацию воздействия проводят на основе

$$P_c = (1-\beta) * n \quad \textbf{(К-14)}$$

- если уже сделанные замеры не показали, что было превышение ПДК. Если вероятность выполнения требований законодательства P_c превышает (принятое сейчас) пороговое значение - скажем, 0.9 - то считается, что рабочий не подвергался чрезмерному воздействию. С другой стороны, если P_c меньше другого порогового значения, скажем - 0.1, то можно считать, что рабочий подвергался чрезмерному воздействию. Если же вероятность приняла какое-то промежуточное значение, то считается, что рабочий потенциально подвергается чрезмерному воздействию.

Ссылки

К-1. Kendall MS and A Stuart: The Advanced Theory of Statistics. Hafner Publishing Co., New York, NY, Volume I, 1969, and Volume II, 1967.

К-2. Bar-Shalom Y, D Budenaers, R Schainker and Segall: Handbook of Statistical Tests for Evaluating Employee Exposure to Air Contaminants. NIOSH Technical Information, Pub. No. (NIOSH) 75-147, Cincinnati, Ohio 45226, April 1975.

Техническое приложение L

Необходимость в измерении производственного воздействия и в применении уровня реагирования

Этот материал был первоначально представлен Nelson A. Leidel на OSHA Informal Public Hearing при рассмотрении предлагавшегося стандарта по охране труда при работе с кетоном (Вашингтон, округ Колумбия, 4 сентября 1975г). Он приводится полностью в NIOSH Technical Report (публикация L-2).

В некоторых из стандартов по охране труда при работе (с различными) вредными веществами уровень реагирования (*action level*) определён как половина ПДК (PEL), а значения PEL указаны в таблицах Z-1, Z-2 и Z-3 в стандарте 29 CFR 1910.1000. Уровень реагирования - это такая величина (загрязнённости воздуха), при превышении которой стандарты по охране труда требуют от работодателя проводить дополнительные мероприятия для обеспечения безопасности рабочих, например - начать проводить периодические измерения загрязнённости вдыхаемого воздуха (*или - делать замеры чаще*), проводить обучение и тренировки рабочих, проводить медицинские обследования (если вышперечисленное уместно при воздействии конкретного вредного вещества). Эти дополнительные мероприятия должны проводиться, если измерения воздействия на рабочего в течение одного дня показали, что концентрация загрязнений превышает уровень реагирования.

В Законе об охране труда, в разделе 6(b)(7) указано, что в тех случаях, когда это является подходящим, стандарты по охране труда, стандарты по охране труда должны содержать требование (к работодателю) - определять (вредное) воздействие на рабочих в таких местах, с такими интервалами и таким способом, которые могут потребоваться для защиты рабочих. NIOSH и OSHA пришли к выводу, что нужно определить ("граничный") уровень воздействия, при превышении которого указанные выше мероприятия становятся необходимыми. Уровень реагирования - это та концентрация воздушных загрязнений, которая и является такой границей.

Настоящее приложение написано для того, чтобы объяснить, зачем нужен уровень реагирования, и какова взаимосвязь между ним и непостоянством концентрации воздушных загрязнений в производственных условиях.

Программы мониторинга воздействия на рабочих являются аналогами программ контроля качества, широко используемых в промышленности. Среднесменная концентрация воздушных загрязнений, воздействию которых подвергается рабочий, очень схожа с (качеством) выпускаемой продукцией, изготавливаемой на сборочной линии. И результат сборки продукции, и - по аналогии - среднесменная концентрация загрязнений, зависят от:

- случайных отличий, имеющих между машинами и людьми, выполняющими одинаковую работу.
- постепенных изменений в направлении в сторону ухудшения (технологического) процесса, которые могут быть вызваны, например, износом инструмента.
- внезапного появления составных частей с дефектами, которые могут получаться из-за резких изменений производственного процесса.

Также имеется сходство в предназначении между программами мониторинга воздействия на рабочих и программами контроля качества (таблица L-1).

При разработке стандартов по охране труда в OSHA рассматривали каждый из факторов, указанных в таблице L-1. Из них с идеей (использования) уровня реагирования наиболее взаимосвязаны факторы 1 и 6 - то, что загрязнённость воздуха непостоянна, и то, что (необходимо) ограничить риск того, что рабочий будет подвергаться чрезмерному воздействию так, чтобы риск такого воздействия из-за невыявления дней с большим воздействием был маленьким.

Уровень реагирования был выбран с учётом того, что работодатель должен уменьшить воздействие так, чтобы среднесменное (8 часов) воздействие не превышало ПДК. То есть, работодатель должен определять воздействие на рабочих таким образом, чтобы с большой вероятностью реальное среднесменное воздействие было ниже ПДК. В стандартах указано, что работодатель должен стараться, чтобы рабочий подвергался чрезмерному воздействию не более 5% смен с вероятностью не ниже 95%.

Важно понимать, что концентрация вредных веществ, воздействию которых подвергается рабочий - это не постоянная величина. Используя статистическую терминологию, можно сказать, что значения этой концентрации изменяются в соответствии с законом логарифмически-нормального распределения. Во-первых, концентрация воздушных загрязнений непостоянна и изменяется в течение

одного дня (проведения измерений) - 8-часовой смены. Измерение вредного воздействия с помощью серии кратковременных замеров (длительностью менее 30 минут, обычно - длительностью несколько минут) в зоне дыхания отражает это непостоянство - у результатов таких измерений обычно относительно большая изменчивость. Но при проведении однократных замеров - полносменных - эта причина изменчивости устраняется. Такая стратегия проведения измерений обсуждалась в Leidel and Bush (L-1) и в главе 3. Во-вторых, истинное среднесменное воздействие в разные дни различно, и его изменчивость также соответствует закону логарифмически-нормального распределения. Из-за этого непостоянства среднесменного воздействия в разные дни требуется (использование) уровня реагирования, основанного на измерениях воздействия в течение одного дня. Результат измерений в течение одного дня используется как основа при принятии решения - каково воздействие в те дни, когда измерения не проводились (больше или меньше ПДК), и требуется ли проводить измерения воздействия на этого конкретного рабочего в дальнейшем.

Таблица L-1. Сравнение программ контроля качества продукции и программ измерений воздействий на рабочего

Программа контроля качества продукции	Программа измерения воздействий на рабочих
1. Выявляет изменчивость в качестве продукции, вызванную: <ul style="list-style-type: none"> - Отличиями в машинах. - Отличиями в рабочих. - Отличиями в необработанном сырье или составных частях. - Изменениями вышеперечисленных факторов с течением времени. 	1. Выявляет изменчивость в среднесменных воздействиях в разные дни, вызванную: <ul style="list-style-type: none"> - Отличием в характере выполнения работы у разных рабочих (одной специальности). - Отличием в концентрации воздушных загрязнений в течение дня (хорошо выявляется при проведении серии кратковременных замеров). - Отличием в среднесменных воздействиях в разные дни. - Отличием из-за случайного непостоянства методов отбора проб и их анализа.
2. Выявлять продукцию низкого качества, или процессы, приводящие к выпуску некачественной продукции.	2. Выявлять, не превышает ли воздействие на какого-нибудь из рабочих по величине 1 ПДК.
3. Разрабатывать планы отбора образцов, которые обеспечивают максимальную степень защиты от ошибок при отборе образцов, и при этом сводят к минимуму количество проверок.	3. Разрабатывать программы измерения воздействия, которые требуют проведения минимального количества замеров, и обеспечивают максимальную степень защиты от ошибок при измерении воздействия.
4. Разрабатывают методы, которые позволяют быстро определить, что что-то идёт не так, когда происходит изменение технологического процесса до того, как начался выпуск бракованной продукции	4. Разрабатывают планы измерения воздействия, которые показывают, что воздействие опасно или становится опасным - до того, как оно превысило ПДК
5. Периодический отбор образцов производимой продукции	5. Периодическое измерение среднесменного воздействия на рабочих
6. Снижают до небольшой величины вероятность того, что партия, содержащая бракованные изделия, успешно пройдёт контроль из-за неудачного отбора образцов для проверки - т.е. будет принята случайно	6. Снижает до небольшой величины вероятность того, что при измерении воздействия не во все дни, воздействие в то время, когда измерения не проводились, превысит ПДК.
7. Выявляет и пытается устранить те причины изменения технологического процесса, которые приводят к изготовлению бракованной продукции.	7. Обнаруживает и пытается устранить источники/причины чрезмерного воздействия на рабочих

Для описания изменчивости внешних условий используется геометрическое стандартное отклонение GSD. Если GSD равно 1.0, то это означает, что внешние условия абсолютно неизменны. GSD 2 и выше соответствуют относительно большой изменчивости. Результаты измерений концентраций аэрозолей и газов показывают, что в производственных условиях их концентрации очень редко изменчивы с $GSD < 1.2$.

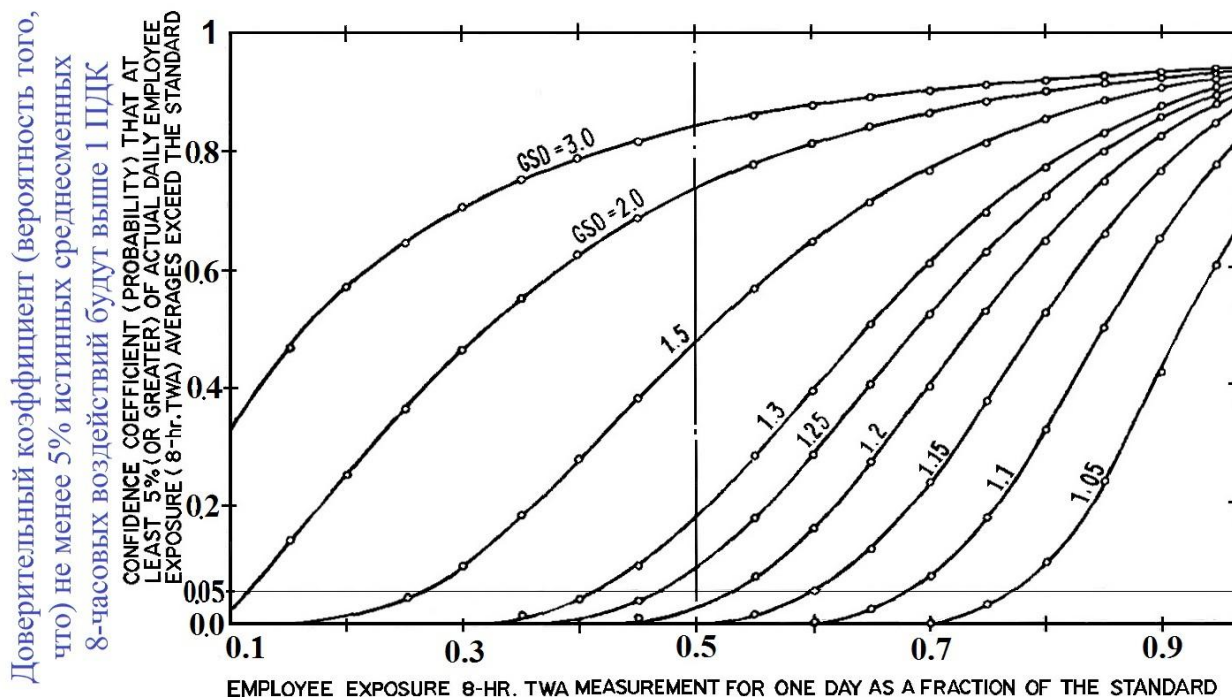
Если результат измерения воздействия на рабочего в течение одного дня показал, что оно ниже ПДК, мы не можем сделать вывод о том, что и в другие дни оно меньше ПДК. Это потому, что среднее за день истинное воздействие является (всего лишь) одним из множества других таких же значений, которые - все вместе - соответствуют логарифмически-нормальному распределению. Предполагается, что среднее значение (среднесменных) воздействий в течение достаточно большого интервала времени остаются стабильными, но результаты измерений в конкретный день могут оказаться той небольшой частью общего распределения, которая состоит из небольших значений, значительно меньших ПДК. Даже если результат однократного среднесменного измерения показал, что в день проведения замеров воздействие меньше ПДК, то (всё равно) существует риск, что в другие дни среднесменное воздействие превысит ПДК.

Статистическая модель показывает взаимосвязь между вероятностью (риском) того что, по крайней мере, определённая доля (%) истинных среднесменных воздействий превысит ПДК. В этой модели такая вероятность зависит от:

- Значения воздействия на рабочего, измеренного в течение одной смены - как доли от ПДК.
- Изменчивости значений истинных (среднесменных) воздействий в разные дни по отношению друг к другу (GSD).
- Точности метода отбора проб и их анализа, использовавшихся при проведении измерений.

На Фиг. L-1 графически показаны результаты использования этой модели. Для получения показанных графиков (мы) предположили, что коэффициент изменчивости методов отбора проб и их анализа (CVt) равен 0.10 (10%). Это соответствует точности метода измерений около 20% при доверительном уровне 95%. Однако графики помечены как кривые, относящиеся к "чистой" изменчивости (среднесменных воздействий) в разные дни. Очень важно понять, что случайные погрешности измерений, возникающие при отборе проб и их анализе (в один из дней), вносят небольшой вклад в вычисленный риск того, что заданная доля истинных среднесменных воздействий на рабочего превысит ПДК (в какой-то из многих дней). Такой вычисленный риск зависит исключительно от изменчивости (среднесменных) воздействий в разные дни (по отношению друг к другу).

Фиг. L-1. Графики риска чрезмерного воздействия на рабочего при ограничении среднесменного воздействия (8-часовая ПДК), и проведении одного замера воздействия



Значение среднесменного 8-часового воздействия за 1 день как доля от 1 ПДК

Figure L-1. Employee overexposure risk curves for one 8-hour TWA exposure measurement.

Таким образом, Фиг. L-1 показывает, что вероятность того, что по крайней мере 5% от

неизмеренных истинных среднесменных воздействий на рабочего превышает ПДК, если измеренное в течение одного дня среднесменное воздействие меньше ПДК. Заявление о том, что рабочий не подвергается чрезмерному воздействию, и что дополнительные измерения воздействия больше не нужны, сделанное на основании результата однократного измерения воздействия, являются аналогом оценки качества всей продукции предприятия на основе испытания только одного экземпляра. По этой причине требуется использование уровня реагирования как "переключателя" поведения работодателя - при воздействии, большем уровня реагирования (в условиях непостоянного среднесменного воздействия), он обязан проводить измерения в дальнейшем снова, чтобы обеспечить адекватную защиту рабочих. Если воздействие на рабочих равно половине ПДК, то это показывает, что вероятность того, что воздействие на рабочих в другие дни (когда замеры не проводились) превысит ПДК, достаточно велика, и нужно будет проводить дополнительные измерения.

На Фиг. L-1 показано, что если у рабочего со изменчивостью среднесменных воздействий (в разные дни - по отношению друг к другу) GSD меньше ~1.22 (при коэффициенте изменчивости CVt методов отбора проб и их анализа 10%) вероятность того, что 5% истинных среднесменных воздействий превышает ПДК в дни, когда замеры не проводили, меньше 5%. Похоже, что очень редко изменчивость среднесменного воздействия (в разные дни) GSD < 1.22. Заметим, что если (специалист) измеряет среднесменное воздействие, и оно равно 1/2 от ПДК, (а GSD - больше), то вероятность того, что по крайней мере 5% от неизмеренных истинных среднесменных воздействий превышает ПДК, будет гораздо выше:

Изменчивость среднесменных концентраций в разные дни, GSD	Вероятность, %
1.3	17
1.5	47
2.0	72
3.0	83

Наконец, нужно заметить, что сделанные выше заключения относятся к стабильности распределения истинных среднесменных воздействий на рабочего - очень консервативны. Рассматривалась только случайная изменчивость. Мы не обсуждали непредсказуемые возможные тенденции возрастания, или внезапные увеличения среднесменных воздействий, вызванные изменениями в производственных условиях (например - закрыванием дверей и окон при наступлении холодов, ухудшением эффективности и поломками технических средств снижения загрязнённости воздуха /вентиляции/, или изменением технологического процесса, приводящим к возрастанию воздействия).

Ссылки

L-1. Leidel and KA Busch: Statistical Methods for the Determination of Non-compliance with Occupational Health Standards. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. 75-159, Cincinnati, Ohio.

L-2. Leidel NA, KA Busch and WE Crouse: Exposure Measurement Action Level and Occupational Environmental Variability. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. (NIOSH) 76-131, Cincinnati, Ohio 45226, December 1975.

Техническое приложение М

Нормальное и логарифмически-нормальное распределение частот

Часть этого материала была изначально опубликована в Leidel and Bush, Exposure Measurement Action Level and Occupational Exposure Variability (NIOSH Technical Information, HEW Publication No (NIOSH) 76-131, Cincinnati, Ohio, December 1975) и в М-1.

Статистические методы, обсуждаемые в этом разделе предполагают, что концентрации воздушных загрязнений, которые измерялись в производственных условиях случайным образом, являются независимыми, и что они соответствуют логарифмически-нормальному закону распределения - и в течение одной конкретной смены, и среднесменные значения (измеренные в разные дни). Кроме того, предполагается, что при отборе проб и проведении их анализа погрешности измерений независимы, и соответствуют нормальному закону распределения. Ниже приводится объяснение того, почему эти виды распределения были выбраны для моделирования распределения результатов измерений. Эти причины достаточно просты. Их выбрали потому, что при проведении измерений в промышленной гигиене они встречаются очень часто, потому что (эти распределения) простые, и потому, что их свойства хорошо изучены. (Но) эмпирические наблюдения, показывающие что результаты измерений хорошо соответствуют математическим моделям, использующим нормальное и логарифмически-нормальное распределения, не гарантируют, что результаты всех измерений соответствуют этим моделям. Если имеются какие-то сомнения относительно того, что использование нормального или логарифмически-нормального распределения приемлемо, то первым шагом при анализе результатов должно стать построение диаграммы распределения или графика в системе координат (логарифмически-вероятностной), описанной в техническом приложении I. Также посмотрите это приложение (I) с примерами результатов, которые могут плохо описываться логарифмически-нормальным распределением.

Прежде чем анализировать статистические сведения, нам нужно определить распределение частот результатов, или же сделать какие-то предположения. Roach (M-2 - M-4) и Kerr (M-5) предположили, что результаты измерений параметров окружающей среды соответствуют закону нормального распределения. Но хорошо известно, что в большинстве случаев распределение значений загрязнённости воздуха населённых мест лучше описывается логарифмически-нормальным распределением (с использованием натуральных или десятичных логарифмов). Таким образом, логарифмы результатов измерений соответствуют нормальному распределению. Важно, что Breslin et al (M-10), Sherwood (V-11, M-12), Jones and Brief (M-13), Gale (M-14, M-15), Coenen (M-16, M-17), Hounam (M-18) и Juda and Budzinski (M-19, M-20) показали, что результаты измерения производственных воздействий, и при замерах в закрытых помещениях, и на открытом воздухе, и для коротких периодов времени (секунды), и для больших интервалов (дни) - соответствуют логарифмически-нормальному распределению.

Каково отличие между результатами измерений, соответствующими нормальному и логарифмически-нормальному распределениям? Во-первых, нужно помнить, что нормальное распределение полностью определяется средним арифметическим μ и стандартным отклонением σ . А логарифмически-нормальное распределение полностью определяется медианой, или средним геометрическим (GM), и стандартным геометрическим отклонением (GSD). Если исходные значения соответствуют логарифмически-нормальному распределению, то их логарифмическое преобразование даёт результат - данные, соответствующие нормальному распределению. GM и GSD логарифмически-нормального распределения - это антилогарифмы среднего значения и стандартного отклонения после их логарифмического преобразования. У нормального распределения - симметричная форма графика, а при логарифмически-нормальном распределении график обычно положительно скошен (длинный "хвост" справа показывает, что по сравнению с нормальным распределением вероятность того, что будет большая концентрация - выше). На Фиг. М-1 сравниваются нормальное и логарифмически-нормальное распределения, у которых одинаковые μ и σ . При проведении измерений в промышленной гигиене (M-16) обнаружилось, что условия, способствующие появлению логарифмически - нормального распределения, являются (*но это - необязательно*):

- Концентрации охватывают широкий диапазон значений, иногда - изменяясь на несколько порядков.
- Концентрации близки к физическому пределу (нулевые концентрации).
- Изменчивость измеренных концентраций - того же порядка, что и сами концентрации.
- Существует конечная (не нулевая) вероятность того, что будут очень большие концентрации ("пики").

Фиг. М-1. Графики нормального и логарифмически-нормального распределений, у которых одинаковые средние арифметические значения и стандартные отклонения

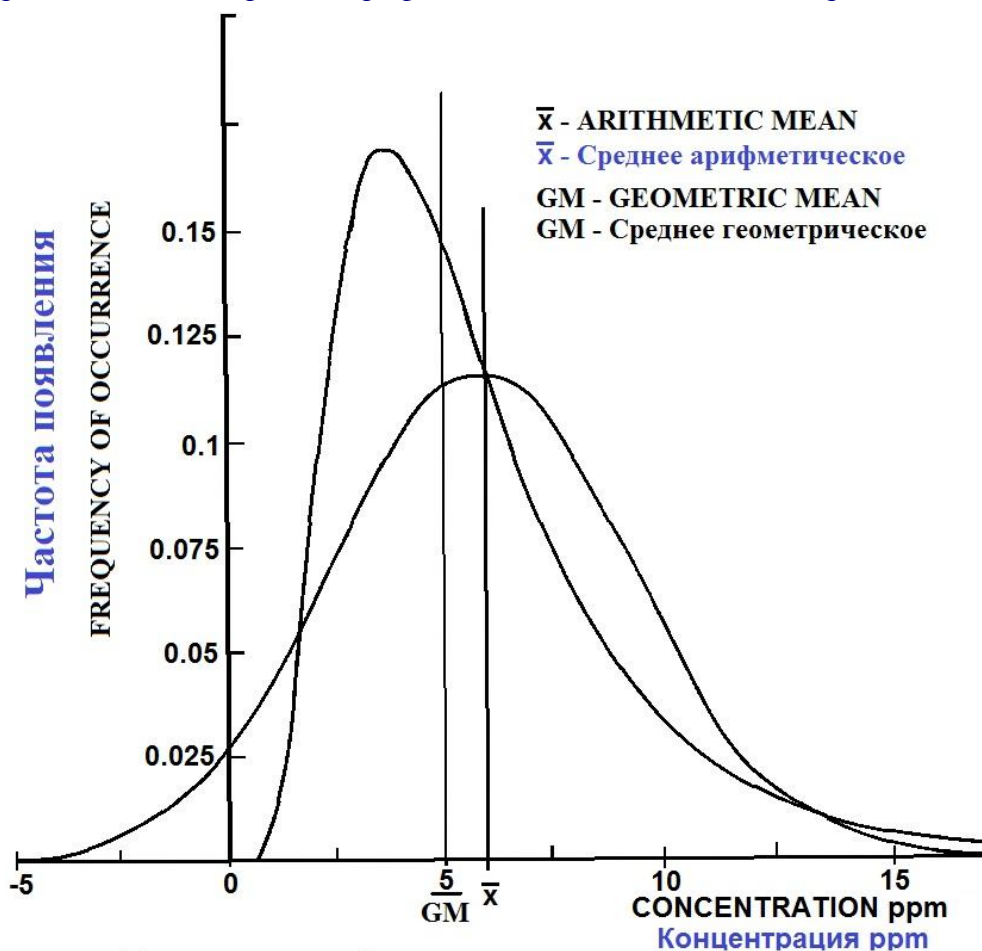


Figure M-1. Lognormal and normal distributions with the same arithmetic mean and standard deviation.

Изменчивость результатов измерений в производственных условиях (то есть, отличие между результатами повторных измерений на одном и том же месте) обычно можно разделить на три составляющие: случайные погрешности метода отбора проб, случайные погрешности метода их анализа, и изменчивость концентрации с течением времени. Два первых компонента изменчивости обычно известны заранее, и они примерно соответствуют закону нормального распределения. А вот изменения концентрации воздушных загрязнений на предприятии обычно превышают (диапазон измерения) известного измерительного оборудования (часто - в 10-20раз). В статье LeClare et al (M-21) обсуждаются эти компоненты.

Когда для оценки средней концентрации воздушных загрязнений на предприятии и определения среднего воздействия на рабочего делается несколько измерений, следует предполагать, что значения соответствуют логарифмически-нормальному распределению. Но в особых условиях следует предполагать, что распределение нормальное, например - если проводятся измерения для определения того, не превышена ли кратковременная ПДК, и если замер(ы) проводятся в течение всего интервала времени, для которого определена ПДК. В этих случаях, весь интересующий интервал охватывается временем проведения измерений, и на результат влияет только погрешность отбора проб и их анализа, которые соответствуют нормальному распределению.

Относительная изменчивость нормального распределения (как например - случайные погрешности измерения и анализа) обычно (описывают) коэффициентом изменчивости (CV). Коэффициент изменчивости CV также известен как относительное стандартное отклонение. CV - это полезный показатель "рассеивания". Истинное значение среднего воздействия, плюс/минус два CV, охватывает около 95% от результатов измерений. Таким образом, если для повторных измерений какого-то не изменяющегося физического параметра используется способ измерений с CV = 10% (например - концентрация химического вещества в мензурке в растворе), то около 95% от результатов измерений будет находиться в пределах $\pm 20\%$ ($2 * CV$) от истинного среднего значения.

К сожалению, свойства, которые мы пытаемся измерить - концентрация вредных веществ,

воздействующих на рабочих - не постоянна. Во-первых, она изменяется в течение 8-часового измерения среднесменного воздействия. При проведении серии кратковременных измерений в зоне дыхания (длительность одного замера обычно меньше 30 минут) такая изменчивость обычно выявляется - результаты этих измерений обычно очень непостоянны. Но эта изменчивость можно устранить, если проводить замеры в течение всей смены, как обсуждали в (M-1) Leidel and Bush. Во-вторых, распределение значений среднесменных воздействий, измеренных в разные дни, также соответствует логарифмически-нормальному распределению.

Для описания непостоянства внешних условий используют GSD. Если $GSD = 1$, то это означает, что внешние условия абсолютно постоянны. $GSD = 2.0$ и больше соответствуют очень непостоянным внешним условиям. Hald (M-22) заявил, что форма графика при логарифмически-нормальном распределении, и при маленькой изменчивости (например, при $GSD < \sim 1/4$) примерно соответствует форме кривой нормального распределения. Для этих GSD существует примерное соответствие между CV и GSD-1:

GSD	(GSD - 1)	CV
1.05	0.05	0.049
1.10	0.10	0.096
1.20	0.20	0.018
1.30	0.30	0.027
1.40	0.40	0.035

Для тех, кто хочет узнать о логнормальном распределении больше, рекомендуется Aitchinson and Brown (M-23). На Фиг. M-2 показаны различные логнормальные распределения, у которых одинаково среднее арифметическое значение - 10 ppm. Показаны графики для $GSD = 1.26$ 1.56 2.0 и 3.0.

Фиг. M-2. (Разные) логарифмически-нормальные распределения концентрации при одинаковом среднем арифметическом значении 10 ppm

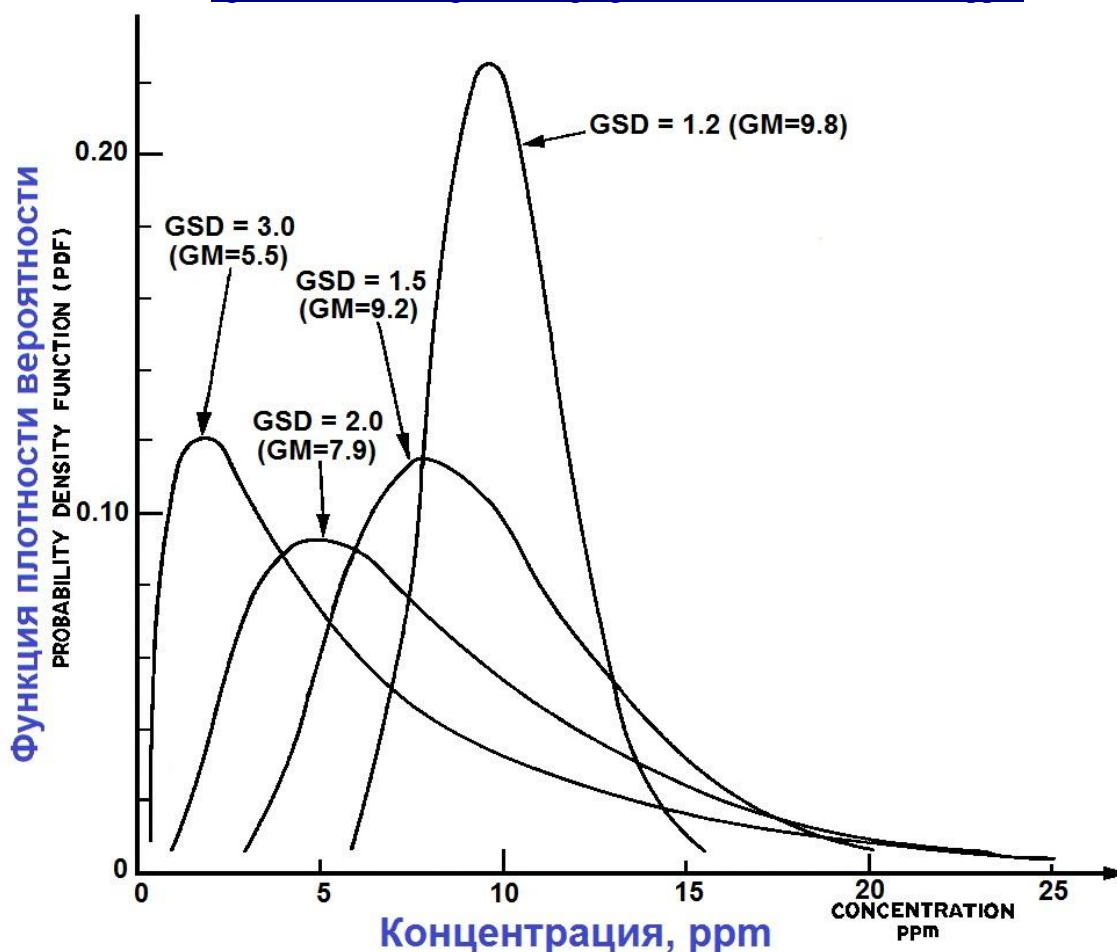


Figure M-2. Lognormal distributions for arithmetic mean concentration of 10 ppm.

Формулы преобразования для логарифмически-нормального распределения

Если значения переменной ($\ln X$) соответствуют нормальному распределению (а значения X - логарифмически-нормальному распределению), то мы можем определить:

μ - истинное среднее арифметическое распределения значений (X),

σ - истинное стандартное отклонение распределения значений (X).

μ_l - истинное среднее арифметическое распределения значений ($\ln X$),

σ_l - истинное стандартное отклонение распределения значений значений ($\ln X$).

GM - среднее геометрическое распределения значений (X).

GSD - стандартное геометрическое отклонение = $\exp[\sigma_l]$, когда для вычисления σ_l используется ($\ln X$).

$GSD = \text{antilog}_{10}[\sigma_l]$, когда используется ($\log_{10} X$). В таблице М-1 показаны взаимосвязи между этими шестью параметрами.

Замечания:

1. Эти взаимосвязи применимы только в отношении истинных параметров исходного распределения. Их нельзя использовать для параметров, полученных при проведении измерений, за исключением случаев проведения грубой, неточной и приближённой оценки.

2. GM и GSD используются для описания параметров или исходного (истинного) распределения, или полученных при проведении измерений. Но их нельзя использовать в описанных ниже уравнениях взаимосвязей, если они не получены путём вычислений на основе истинного распределения.

3. Вне зависимости от того, какие логарифмы используются (натуральные или десятичные) для вычисления σ_l , значение GSD не изменяется

Таблица М-1. Взаимосвязи между логарифмическими параметрами и арифметическими параметрами логарифмически-нормального распределения

Дано	Чтобы получить:	Используйте (формулу):
μ_l	GM =	$\exp(\mu_l)$
μ, σ	GM =	$\mu^2 / \sqrt{(\mu^2 + \sigma^2)}$
σ_l	GSD =	$\exp(\sigma_l)$
μ, σ	GSD =	$\exp(\sqrt{\ln\{1 + \sigma^2/\mu^2\}})$
μ_l, σ_l	$\mu =$	$\exp\{\mu_l + 0.5 * \sigma_l^2\}$
GM, σ_l	$\mu =$	$(GM) \exp\{0.5 * \sigma_l^2\}$
μ_l, σ_l	$\sigma =$	$\sqrt{\{ [2 * \mu_l + \sigma_l^2] * [\exp(\sigma_l^2) - 1] \}}$
GM, σ_l	$\sigma =$	$\sqrt{\{ (GM)^2 * [\exp(\sigma_l^2)] * [\exp(\sigma_l^2) - 1] \}}$
GM	$\mu_l =$	$\ln\{GM\}$
μ_l, σ_l	$\mu_l =$	$\ln\{\mu\} - 0.5 * \sigma_l^2$
GSD	$\sigma_l =$	$\ln\{GSD\}$
μ, σ	$\sigma_l =$	$\sqrt{\{ \ln[1 + \sigma^2/\mu^2] \}}$
μ_l, σ_l	Мода	$\exp(\mu_l - \sigma_l^2) =$ самое часто встречающееся значение

Ссылки

- M-1. Leidel and KA Busch:** Statistical Methods for the Determination of Non-compliance with Occupational Health Standards. NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. 75-159, Cincinnati, Ohio.
- M-2. Roach RA:** Testing Compliance with ACGIH Threshold Limit Values for Respirable Dusts Evaluated by Count. Transactions of the American Industrial Hygiene Association, pp. 27-39, 1966.
- M-3. Roach SA:** A More Rational Basis for Air Sampling Programs. American Industrial Hygiene Association Journal 27:1-12, 1966.
- M-4. Roach SA, EJ Baier, HE Ayer and RL Harris:** Testing Compliance with Threshold Limit Values for Respirable Dusts. American Industrial Hygiene Association Journal 28:543-553, 1967.
- M-5. Kerr GW:** Use of Statistical Methodology in Environmental Monitoring. American Industrial Hygiene Association Journal 23:75-82, 1962.
- M-6. Larsen RI:** A Method for Determining Source Reduction Required to Meet Quality Standards. Journal of Air Pollution Control Association 11:71, 1961.
- M-7. Larsen RI:** A New Mathematical Model of Air Pollutant Concentration Averaging Time and Frequency. Journal of Air Pollution Control Association 19:24, 1969.
- M-8. Phinney DE and JE Newman:** The Precision Associated with the Sampling Frequencies of Total Particulate at Indianapolis, Indiana. Journal of the Air Pollution Control Association, 22:692-695, 1972.
- M-9. Larsen RI:** A Mathematical Model for Relating Air Quality Measurements to Air Quality Standards. US Environmental Protection Agency. AP-89, 1971.
- M-10. Breslin AJ, Ong L, H Glauberman, AC Gejrgе and P LeClare:** The Accuracy of Dust Exposure Estimates Obtained from Conventional Air Sampling. American Industrial Hygiene Association Journal 28:56-61, 1967.
- M-11. Sherwood RJ:** On the Interpretation of Air Sampling for Radioactive Particles. American Industrial Hygiene Association Journal 27:98-109, 1966.
- M-12. Sherwood RJ:** The monitoring of Benzene Exposure by Air Sampling. American Industrial Hygiene Association Journal 32:840-846, 1971.
- M-13. Jones AR and Brief:** Evaluating Benzene Exposures. American Industrial Hygiene Association Journal. 32:610-613, 1971.
- M-14. Gale HJ:** The Lognormal Distribution and Some Examples of Its Application in the Field of Radiation Protection. Atomic Energy Research Establishment Report AERE-R 4736, Her Majesty's Stationery Office, London, England, 1965.
- M-15. Gale HJ.** Some Examples of the Application of the Lognormal Distribution in Radiation Protection. Annals of Occupational Hygiene, 10:39-45, 1967.
- M-16. Coenen W:** The Confidence Limits for the Mean Values of Dust Concentration. Staub (English Translation), 26:39-45, May 1966.
- M-17. Coenen W:** Measurement Assessment of the Concentration of Health Impairing, Especially Silicogenic Dusts at Work Places of Surface Industries. Staub (English Translation), 31:16-23, December 1971.
- M-18. Hounam RF:** An Application of the Log-Normal Distribution to Some Air Sampling Results and Recommendations on the Interpretation of Air Sampling Data. Atomic Energy Research Establishment Report AERE-M 1469. Her Majesty's Stationery Office, London, England, 1965.
- M-19. Juda J and K Budzinski:** Fehler bei der Bestimmung der mittleren Staubkonzentration als Funktion der Anzahl der Einzelmessungen (Errors in Determinating the Mean Dust Concentration as a Function of the Number of Individual Measurements). Staub, 24:283-287 (English translation), August 1987.
- M-20. Juda J and K Budzinski:** Determining the Tolerance Range of the Mean Value of Dust Concentration, Staub, 27:12-16 (English translation), April 1987.
- M-21. LeCare PL, AJ Breslin and L Ong:** Factors Affecting the Accuracy of Average Dust Concentration Measurements. American Industrial Hygiene Association Journal 30:386-393, 1969.
- M-22. Hald A:** Statistical Theory with Engineering Applications. John Wiley and Sons, New York, NY 1952.
- M-23. Aitchinson J and JAC Brown:** The Lognormal Distribution. Cambridge University Press, Cambridge, England 1963.

Техническое приложение N

Рекомендации по выбору консультанта

по промышленной гигиене и использованию его помощи

Когда нужен консультант

Прочитав предыдущие главы, Вы должны были почувствовать - относится ли описанное к ситуации на Вашем предприятии. Если Вы не определились с выбором, или если уже использованные технические средства снижения запылённости воздуха не показали свою эффективность, может рассматриваться возможность привлечения консультанта. Консультантов - специалистов в области промышленной гигиены - обычно привлекают для решения двух основных задач. Во-первых - выявить и изучить возможные вредные производственные факторы, которые могут угрожать здоровью рабочих. Во-вторых - разработать и оценить эффективность мероприятий, предназначенных для защиты здоровья рабочих в производственной обстановке. Это приложение написано на основе информации из главы 6 *Industrial Noise Control Manual* (N-1). При выборе консультанта для снижения уровня шума следует обратиться к этому руководству.

Даже если Вы (хорошо) знакомы с технологическими процессами и химическими веществами, используемыми на Вашем предприятии, Вы можете сомневаться в том, что у Вас достаточно знаний или опыта для того, чтобы (правильно и точно) определить, какова опасность для здоровья (рабочих), и выявить потенциально опасные ситуации. Благодаря опыту и образованию, компетентный специалист в области промышленной гигиены может решить такие задачи. Также, благодаря своим знаниям и опыту, такой консультант может грамотно и экономически эффективно определить воздействие на рабочих (так как он разбирается в пробоотборном и измерительном оборудовании, и методах анализа).

Услуги консультанта также могут потребоваться для определения того, нужно ли использовать технические средства снижения воздействия, и какие есть другие решения. Такие специалисты могут спроектировать, проводить надзор за внедрением и оценить эффективность защитных мероприятий. Другими решениями могут быть: замена токсичных веществ менее токсичными, изменение технологического процесса, использование технических средств снижения вредного воздействия, организационные способы снижения вредного воздействия, использование средств индивидуальной защиты, например - респираторов. Кроме того, если Вы установили технические средства, а они работают неэффективно, то для решения этой проблемы Вы можете привлечь консультанта. Хотя такое решение может быть, будет нелегко принять, но это может потребоваться только один раз. Вы должны тщательно задокументировать ситуацию, и использовать консультанта для определения того - что идёт не так, что неправильно спроектировано, неправильно установлено и отрегулировано, или сочетание вышеупомянутого.

Консультант может помочь Вам разобраться в требованиях действующего Федерального законодательства, регулирующего охрану труда и технику безопасности. Он может подсказать, когда Федеральное законодательство рекомендует или требует проводить медосмотры рабочих, и он может рекомендовать подходящих врачей или медучреждение в этой области медицины труда и профзаболеваний. Такой консультант может сыграть важную роль в подготовке исходной информации о вредных воздействиях на каждого из обследуемых врачами рабочих, и предупредить врачей о конкретных медицинских проверках, которые рекомендуются или требуются действующим законодательством. Также консультант может разработать программы обучения рабочих и предоставить учебный материал. В случае судебной тяжбы такой консультант может стать свидетелем-экспертом, (когда) (результаты измерений) должны быть получены, интерпретированы и представлены независимой третьей стороной.

Выбор консультанта

Если Вы решили привлечь консультанта, то как Вам поступить? Во-первых, Вы должны осознавать, что сейчас как консультант в области промышленной гигиены может легально работать любой человек. Поэтому Вам нужно избегать тех, у кого недостаточная подготовка, опыт, и компетентность.

Фирмы и предприниматели, работающие в области промышленной гигиены можно классифицировать в зависимости от того, чем именно они занимаются - проводят конкретные измерения, медобследование сотрудников, снижение вредного воздействия.

Такие фирмы и предприниматели различаются между собой в отношении уровня "квалификации" - от людей, занимавшихся ранее продажей не технической продукции, до опытных профессионалов в области промышленной гигиены. При этом Вам следует обращаться к таким консультантам, которые связаны с производителями или продавцами конечной продукции в области промышленной гигиены только в том случае, если при использовании методов, описанных в предыдущих главах, Вы определили, какие методы проведения измерений или снижения воздействия применимы в Вашей ситуации. В подобных случаях "консультация" сводится, в основном, к рекомендации подходящего оборудования для измерения вредного воздействия и (лаборатории) для проведения анализа проб. Консультация такого типа может включать помощь в разработке и внедрении технических средств защиты (например - вентиляции) или респираторов. При этом главной проблемой является грамотное составление заключаемого договора таким образом, чтобы Вы были в максимально возможной степени защищены от чрезмерных затрат (по сравнению с теми, которые необходимы для решения проблемы). Преимуществом обращения напрямую к (разработчикам и продавцам) подобных услуг является то, что Вы платите только за продукт или услуги, но не расходуете средства на консультацию. (В таком случае) Вы фактически являетесь консультантом сами для себя. Недостатком обращения к консультанту, ориентированному на конечный продукт (связанному с изготовителями оборудования и т.п.), являются ошибочные расходы - так как по сравнению с независимым консультантом он может не рассматривать все возможные варианты решения проблемы. Были случаи, когда после закупок оборудования для мониторинга (условий работы) стоимостью тысячи долларов оказывалось, что оно не позволяет получить желаемый результат.

Если у Вас возникли какие-то сомнения в отношении того, каким способом нужно решать имеющуюся у Вас проблему, то нужно обращаться только к независимому консультанту - не связанному с изготовителями / разработчиками и продавцами конечной продукции или услуг. Ниже будут рассмотрены консультанты такого типа.

Узнать о консультантах, работающих рядом с Вами, можно несколькими способами. У NIOSH есть 10 региональных офисов, которые находятся в крупных городах. Их телефоны есть в справочнике, в разделе "Минздрав" - "*United States Government, Department of Health, Education and Welfare*". В этих офисах обычно есть список местных консультантов, и эти отделения NIOSH могут оказать помощь по широкому кругу вопросов в области промышленной безопасности и гигиены труда. Также у OSHA есть региональные офисы, и их телефоны приводятся в справочнике в разделе "Минтруда" - "*United States Government, Department of Labor*". В этих офисах можно получить техническую информацию, особенно - о Федеральных стандартах в области охраны труда и техники безопасности. Наибольшую пользу они могут принести при определении того, какие из Федеральных стандартов применимы в Вашем случае, и как правильно интерпретировать эти стандарты.

Также можно обратиться к сообществу специалистов и организациям, работающим в области гигиены труда. Ими являются: *American Industrial Hygiene Association* (АИНА), *American Society of Safety Engineers* (ASSE), и *National Safety Council* (NSC). У этих организаций есть местные отделения или представители в больших городах, которые могут предоставить информацию или оказать помощь. АИНА публикует журнал *American Industrial Hygiene Association Journal*¹⁷, и в нём (в нескольких номерах каждый год) приводится список консультантов в области промышленной гигиены.

Можно найти полезную информацию в телефонном справочнике. Ищите под заголовками: "Консультанты по ТБ", "Оборудование для безопасности", "Поставщики спецодежды", "Газоочистное оборудование" и т.п. Сейчас многие страховые компании проводят программы снижения потерь, к участию в которых привлекают специалистов в области гигиены труда. Обратитесь в Вашу страховую компанию и сравните оказываемые ей услуги с теми, которые оказывают другие компании. Наконец, рядом с Вам может быть университет или колледж, в котором проводится обучение в области гигиены труда. Обычно преподаватели по этому направлению способны провести консультацию.

17 Он стал бесплатно-доступным в интернет - на сайте издательства Taylor & Francis www.informaworld.com

Ключевые вопросы к потенциальному консультанту

Лучший способ защититься от некомпетентного консультанта - задать ему вопросы. Ниже приводится ряд таких вопросов. Их важность неодинакова, так как некоторые менее важны. При составлении списка старались расположить вопросы по мере уменьшения их важности.

Опыт работы

1. Сколько лет Вы работаете в области промышленной гигиены ?
2. Пожалуйста, представьте список последних клиентов, которым Вы оказывали услуги, желательно - из того региона, где я нахожусь, и с теми проблемами, которые схожи с моими. Продолжаете ли Вы поддерживать связи с этими клиентами - (оказывая им помощь) на постоянной основе?
(И - позвоните нескольким из этих клиентов, чтобы узнать их мнение о услугах консультанта).
3. Какое обучение и подготовку в области гигиены труда Вы получили? И где - ВУЗ, промышленность, торговые ассоциации, общественные организации и др.?

Статус консультанта

1. Вы сейчас независимый консультант ? Уже сколько лет ? Всё (рабочее) время, или - часть времени ?
2. Если часть времени:
 - а) Кто Ваш руководитель (главный работодатель), или - какой другой коммерческой деятельностью Вы занимаетесь ?
 - б) Знает ли Ваш работодатель о Вашей дополнительной работе консультантом, и одобряет ли он это ?
 - с) Можем ли мы связаться с вашим руководителем для (получении информации о) Вас ?
 - д) Какие ограничения накладывает на Вас Ваш работодатель в то время, когда Вы работаете консультантом?
3. Связаны ли Вы с изготовителями или продавцами продукции так, что может возникнуть конфликт интересов при Вашей работе в качестве консультанта ?

Образование

1. Где (в каком учебном заведении и на каких курсах) Вы получили образование в области гигиены труда ?
2. Какую квалификацию Вам присвоили (после обучения)?
3. Какие конференции, совещания, семинары, симпозиумы или краткосрочные курсы Вы посещали (особенно недавно) для того, чтобы (быть в курсе современной) технической информации и требований действующего законодательства ?
4. Какие ещё источники информации Вы используете для того, чтобы быть в курсе (современного) положения дел в области гигиены труда ?

Принадлежность к профессиональным объединениям

1. В каких профессиональных ассоциациях Вы состоите ? (Характерными являются: *American Industrial Hygiene Association*, *American Society of Safety Engineers*, и *National Safety Council*). Каков Ваш статус в этих организациях сейчас, и каков он был ранее - и в течение каких интервалов времени?
2. Проходили ли Вы сертификацию в:
 - а) *American Board of Industrial Hygiene* (укажите место сертификации).
 - б) *Board of Certified Safety Professionals*.
 - с) *Environmental Engineering Intersociety Board* (как специалист по гигиене труда)
3. Зарегистрированы ли Вы как профессиональный инженер (*professional engineer*) ? В какой области и по каким дисциплинам ?
4. Членом каких ассоциаций профессиональных инженеров являетесь Вы, или Ваша фирма ?
5. Членом каких торговых ассоциаций, торговых палат или схожих объединений являетесь вы (или Ваша фирма) ?

Особые возможности

1. В какой области гигиены труда Вы специализируетесь ?
 - (Тщательное) обследование предприятия и анализ.
 - Вентиляция.
 - Снижение воздействия шума.

- Аудиометрия.
- Биомониторинг.
- Тепловое воздействие.
- Эргономика.
- Медицина труда (*Occupational medicine*).
- Техника безопасности.
- Безопасность и маркировка продукции.
- Радиационная безопасность.
- Обучение.
- Загрязнение воздуха.
- Метеорология.
- Утилизация отходов.
- Загрязнение воды.

2. Какое у Вас есть оборудование для проведения измерений (*в области гигиены труда*) на моём предприятии ?

3. В какие лаборатории Вы обращаетесь для анализа образцов, полученных при проведении измерений на моём предприятии ? Аккредитованы ли они *American Industrial Hygiene Association* ? Участвуют ли они в *NIOSH Proficiency Analytical Testing Program (PAT)* - и по каким материалам ? (В журнале *American Industrial Hygiene Association Journal* периодически публикуется список аккредитованных лабораторий)

4. Какое оборудование Вы используете для калибровки измерительных приборов - например насосов и тех измерителей, которые определяют концентрацию непосредственно ? Есть ли у Вас калибровочная программа для Вашего оборудования ?

5. Можете ли Вы порекомендовать мне врача или клинику, которые могли бы проводить предварительные обследования, периодические медосмотры, или диагностику моих сотрудников, если это потребуется ? Есть ли у Вас какие-нибудь деловые связи с этими людьми или клиниками ?

6. Можете ли Вы порекомендовать мне фирмы, занимающиеся установкой технических средств снижения воздействия, например - вентиляционных систем (если это потребуется) ? Есть ли у Вас какие-нибудь деловые связи с такими фирмами ?

7. Можете ли Вы порекомендовать мне подходящих поставщиков СИЗ, если они потребуются для защиты кого-то из рабочих? Есть ли у Вас какие-нибудь деловые связи с такими фирмами ?

8. Можете ли Вы быть свидетелем-экспертом, или для своего клиента, или как независимый эксперт в суде ? Были ли Вы свидетелем-экспертом (ранее) ?

Коммерческая деятельность

1. Расскажите о структуре (составе) Вашей заработной платы. Вы работаете при почасовой оплате, при оплате за всю работу, или при выполнении предварительной частичной оплаты ?

2. При определении оплаты своей работы, как Вы учитываете расходы на поездки, проживание, перевозку грузов, копирование отчётов и др. ?

3. Можете ли Вы представить список типичных расходов на проведение анализа в лаборатории ?

4. Если Вы заключаете контракты, пожалуйста - дайте образец.

5. Какая у Вас страховка *и обязательства* (*insurance and bonding*) ?

6. Как в Вашем контракте указано сохранение коммерческой тайны, ответственность (обязательства) и патентные права ?

7. Какие там есть ограничения на использование Вашего имени в наших отчётах, при судебном разбирательстве или в рекламе ?

8. Какие отчёты (по характеру и охвату) Вы готовите ? Можете ли Вы дать образец ?

9. Каким образом Вы готовите чертежи технических средств снижения воздействия, которые могут потребоваться ?

10. Сколько у Вас сотрудников ? Какова их квалификация ? Кто будет работать над этим проектом ?

11. У вас есть филиалы ? Где ?

12. Вы работаете самостоятельно, с компаньонами или как корпорация ?

Предложение

Когда Вы выбрали консультанта, Вы можете воспользоваться его услугами несколькими способами. В некоторых случаях достаточно сделать предложение в словесной форме. Но Вы можете пожелать получить от консультанта предложение в письменной форме, в котором будут подробно описаны шаги, предпринимаемые для решения Вашей проблемы.

Часто при большом объёме работы оцениваются предложения от разных людей, и они используются как основа для принятия конечного решения - к какому из консультантов обратиться. В этом случае ответы на вышеприведённые вопросы могут искажаться не при проведении интервью, а в предложениях. В этом случае порядок оценок разных предложений очевиден - см. обсуждение выше. Если ответы на интересующие Вас вопросы не получены, не стесняйтесь задать дополнительные вопросы. Ниже мы затронем ту часть предложения, которая описывает подход консультанта к решению Вашей проблемы.

Помимо квалификации консультанта и его опыта работы, в предложении должны быть ответы на вопросы:

1. Сколько стоят услуги (консультанта) ? Маленькие фирмы часто просят проводить почасовую оплату, и минимальная оплата соответствует половине рабочего дня, плюс возмещение прямых затрат. Большие предприятия часто устанавливают фиксированную цену, основывая её на описанных выше шагах.

2. Что намерен делать консультант ? Ответ на этот вопрос может находиться в диапазоне от простого согласия изучить проблему до подробного пошагового плана её решения.

3. Каков будет конечный результат ? Слишком часто ответ на этот вопрос не вполне понятен. Обычно результатом является отчёт, в котором содержатся рекомендации консультанта. Если Вы не хотите платить за подготовку написанного отчёта, а (хотите) получить его в устной форме, то укажите это заранее. Поскольку рекомендации часто могут содержать требование выполнить работу, которую должны делать другие люди (а не консультант, например - установку вентиляционного оборудования), то такая работа - выполняемая без контроля со стороны консультанта - может не всегда гарантировать получение требуемого результата. Скорее можно ожидать, что (консультант) поможет оценить, какая необходима степень снижения воздействия с помощью технических средств - и только. Если консультант предоставляет чертежи, по которым будет работать (изготовитель технических средств снижения воздействия), то он должен указать (перечислить) эскизы, или окончательные чертежи. Если требуются специальные/особые материалы, консультант должен порекомендовать перечень их заменителей, если это возможно. Если Вы хотите гарантировать получение окончательного результата, обычно требуется выполнение экспериментальной работы.

Другие услуги

Если Вы захотите, то консультант может также проследить за установкой технических средств, чтобы не произошло отклонения от проекта. Консультант также может (провести) измерения после установки оборудования для подтверждения (начальных) предположений, и при необходимости дать краткие устные (указания и объяснения).

Если Вы используете консультанта как свидетеля-эксперта, то Вы можете обнаружить, что он не будет автоматически всегда на Вашей стороне. Вместо этого, он скорее будет на стороне суда, стараясь изложить факты, и тщательно отделять их от мнения эксперта. Чтобы избежать неприятных сюрпризов, нужна полная искренность.

Например, адвокат противной стороны может попросить его предоставить (суду) копию отчёта, который был сделан им для Вас. Поэтому при подготовке отчёта нужно учитывать возможность такого развития событий.

Если консультант будет разрабатывать для Вас особое средство/устройство снижения воздействия, нужно определить обладателя патентных прав. Обычно патент получает клиент (Вы), но возможно соглашение о передаче патента изобретателю.

Во многих ситуациях консультанту нужны фотографии и чертежи машин и предприятия, в котором он будет проводить оценку воздействия. Разрешение на доступ к такой информации должно быть дано с учётом требований Вашей промышленной системы безопасности.

Эти комментарии нужно читать, понимая что в тех случаях, когда затрагиваются юридические аспекты, то для работы с Вам и Вашим консультантом будет привлекаться соответствующий юрисконсульт.

Ссылки

Salmon V, JS Mills and AC Petersen: Industrial Noise Control Manual, NIOSH Technical Information, HEW Pub. No. (NIOSH) 75-183, 1975. Available from the Superintendent of Documents, US Governmental Printing Office, Washington, DC 20402 as GPO #1733-00073.