



**Н. А. Шакирова, В. С. Мушников,  
М. А. Чекмарева, В. И. Лихтенштейн**

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**

Электронный образовательный ресурс

Методическая разработка по курсам «Безопасность жизнедеятельности», «Основы безопасности труда» для студентов всех форм обучения всех специальностей

Подготовлено кафедрой безопасности жизнедеятельности ИнФО УрФУ

Содержит методические указания к выполнению цикла дистанционных практических работ по курсам «Безопасность жизнедеятельности», «Основы безопасности труда». В структуру цикла включены работы, посвященные оценке опасных и вредных производственных факторов и методам защиты от них, оценке негативных воздействий на окружающую среду и способам уменьшения этих воздействий. Приведен перечень нормативно-справочной и учебной литературы.

Екатеринбург

2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Практическая работа № 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ВНИМАНИЯ	4
Практическая работа № 2. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И РАЗРАБОТКА ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ ТРАВМАТИЗМА	11
Практическая работа № 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОПЕРАТОРА	25
Практическая работа № 4. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ	36
Практическая работа № 5. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА НОРМАТИВОВ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ВЫБРОСОВ	57
Практическая работа № 6. РАСЧЕТ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	81
Практическая работа № 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЯ	95
Практическая работа № 17. РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ	108
Практическая работа № 18. РАСЧЕТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ПОТЕРИ СЛУХА	121
Практическая работа № 19. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАГРЕВАЮЩЕГО МИКРОКЛИМАТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И УСЛОВИЯ ТРУДА РАБОТАЮЩИХ	134

## **ВВЕДЕНИЕ**

Реалиями современного развития человеческой цивилизации являются выдающиеся научно-технические достижения, а также связанные с ними различного рода опасности. Следствиями воздействия опасных и вредных производственных факторов на работающих является ежегодное значительное число разного рода производственных травм и профессиональных заболеваний.

Важнейшей задачей этапа подготовки современных специалистов с сформированным высоким уровнем ответственности является разработка и внедрение удовлетворяющих современным вызовам образовательных технологий. В связи с этим выпускники учебных заведений обязаны иметь глубокие знания не только в своей специальности, но также основы безопасного труда в своей профессии. Для решения второй задачи в учебных планах университета для всех специальностей и видов обучения предусмотрен курс «Безопасность жизнедеятельности», предусматривающий освоение теоретического материала, выполнения практических занятий и лабораторных работ.

Настоящий электронный образовательный ресурс включает в себя десять методических указаний для дистанционного проведения практических занятий по всем разделам курса «Безопасность жизнедеятельности». В каждой работе приведены необходимые теоретические сведения, рассмотрены воздействия различных факторов на здоровье человека и окружающую среду, эффективные средства коллективной и индивидуальной защиты. Кроме того, указаны основные нормативные документы, определяющие безопасный уровень воздействия, исходные данные для расчетов, контрольные вопросы для самопроверки и библиографический список.

Каждый студент выполняет расчеты согласно своего варианта, полученные результаты сравнивает с нормативными данными и формулирует выводы по условиям труда с предложениями по их улучшению.

# Практическая работа № 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ВНИМАНИЯ

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цель работы – освоение экспериментального тестового метода исследования переключения внимания и изменения динамики работоспособности.

Трудно переоценить значение внимания в трудовой деятельности человека. Если внимательно производить осмотр предметов и документов, восприятие их будет отличаться большей ясностью и отчетливостью. Аккуратность и четкость действий работников всегда заметна, если им сопутствует внимание.

Эффективность трудовой деятельности человека зависит от степени, характера и отдельных свойств внимания. Важную роль внимание играет в плане безопасности труда, особенно при выполнении опасных работ в следующих профессиях: верхолазы-монтажники, крановщики, водители транспорта, работники конвейерных линий, электротехнических специальностей, диспетчеры, операторы и др.

Внимание - это направленность нашего сознания на тот или иной вид деятельности, на тот или иной предмет или явление, на их свойства. Под направленностью понимается избирательный, вольный или невольный, выбор объекта - характер психической деятельности.

Внимание наряду с направленностью психической деятельности предполагает также ее сосредоточенность. Благодаря этому обеспечивается ясность и отчетливость отражения одних объектов и их свойств в сознании при одновременном отвлечении от других. Непроизвольное внимание возникает без всякого намерения, без заранее поставленной цели и не требует волевых усилий. Произвольное внимание возникает вследствие поставленной цели и требует определенных волевых усилий. Непроизвольное отвлечение – колебание внимания и его ослабление к объекту деятельности. Распределение внимания –

одновременное внимание к нескольким объектам деятельности при одновременном выполнении действий с ними. Намеренный перенос внимания с одного объекта на другой – переключение внимания. Активизация внимания – это пробуждение к активности восприятия, усиление мыслительной деятельности и чувств за счет возбуждения ранее образованных систем временных связей.

Внимание характеризуется также концентрацией, устойчивостью и переключением. Под переключением внимания понимается способность быстро переходить с одной деятельности на другую, сознательное перемещение внимания с одних объектов и их свойств на другие. В сложных и быстромменяющихся условиях жизни или производственной деятельности это означает способность быстро и правильно в них ориентироваться. Уметь распространять внимание на различные объекты, сохранять его устойчивость и переключать – вот главное свойство, которое должен развивать у себя каждый работник.

В процессе труда у человека возникают разнообразные задачи, требующие переключения внимания. Такие быстрые переключения особенно нужны при возникновении непредвиденных задач, неожиданных препятствий, опасностей. Подобные задачи как раз свойственны аварийным ситуациям, и для их успешного разрешения нужно обладать хорошей способностью к переключению внимания.

Легкость переключения внимания различна у разных людей - одни легко переходят от одной деятельности к другой, для других этот переход оказывается трудным, требующим какого-то времени и затрат определенных усилий. Состояние внимания зависит от времени рабочего дня, от периода работоспособности: начальный период, период относительно устойчивой работоспособности и период снижения работоспособности, – вызванного утомлением. По состоянию внимания в разное время рабочего дня можно судить об утомлении работающего, подверженности его несчастным случаям.

При трудовой деятельности, связанной с напряжением внимания, зрения, слуха, т.е. связанной с психофизиологическими нагрузками, высокая степень

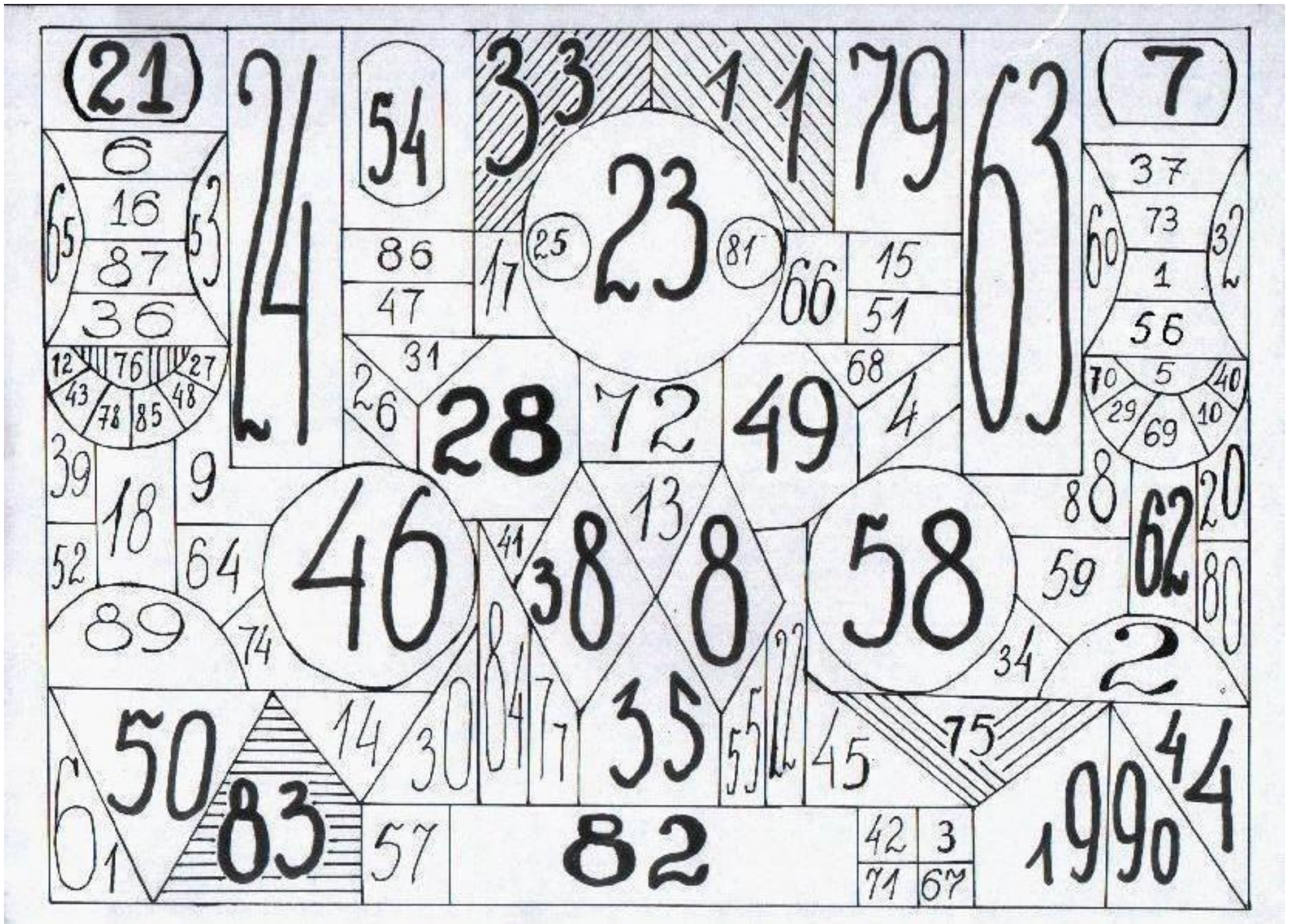
ответственности и опасность работы могут привести к нервному истощению в результате нервного напряжения. Полученные данные по состоянию внимания в течение рабочего дня могут быть использованы при организации рационального режима труда и отдыха, нормировании труда. Так, например, в работе, требующей особого внимания и тонкой координации движений, необходимы короткие, длительностью 3-5 мин, но частые паузы.

## 2. ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальное исследование переключения внимания, раскрытие закономерности и организации его приобретают большое значение, так как многие современные профессии требуют от работника не только широкого распределения, концентрации, устойчивости внимания, но и быстрого его переключения.

Данная методика позволяет оценивать способность испытуемых к взаимодействию с большим числом факторов и выделению из них главного. Таким образом, представляется возможность выделить людей, которые испытывают затруднение в распределении и концентрации внимания на важном объекте. Известно, что именно низкие качества внимания (его концентрация, распределение и переключение), малая наблюдательность (осмотрительность) в числе прочих факторов позволяют относительно достоверно выделять людей, предрасположенных к травмированию.

Существует несколько методов исследования переключения внимания. В данной работе используется вариант задания, который является разновидностью метода Шульте. Преподаватель выдает испытуемым квадрат, в котором в случайном порядке располагаются числа, различные по размерам и шрифту. По времени, затраченному на выполнение задания и характеру поиска судят о показателе переключения внимания. На рисунке изображены числа от 1 до 90. Для выполнения работы необходим секундомер. Данная таблица может быть использована и для тренировок внимания в процессе обучения.



### 3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

*Задание 1.* Определить время, затраченное на отыскание в возрастающем порядке чисел от 1 до 30 ( $T_1$ ), далее в возрастающем порядке чисел от 31 до 60 ( $T_2$ ) и от 61 до 90 ( $T_2$ ).

Зафиксировав время начала работы, по таблице, **НЕ УКАЗЫВАЯ ПАЛЬЦЕМ, НЕ ПРИМЕНЯЯ НИКАКИХ УКАЗОК**, отыскиваем в возрастающем порядке числа от 1 до 30 **ТОЛЬКО ПЕРЕКЛЮЧАЯ ВАШЕ ВНИМАНИЕ**. Записав время нахождения числа 30 ( $T_1$ ), проводим поиск чисел от 31 до 60 ( $T_2$ ). При обнаружении числа 60 записываем время ( $T_2$ ) и проводим поиск чисел от 61 до 90 ( $T_3$ ). Определяем суммарное время поиска чисел от 1 до 90 ( $T_C$ ).

*Задание 2.* Определить время ( $T_4$ ), затраченное на отыскание в убывающем порядке чисел от 90 до 1 без остановки подряд. Время ( $T_4$ ) записать в таблицу.

*Задание 3.* Определить время ( $T_5$ ), затраченное на отыскание общего количества всех двухзначных чисел в таблице, содержащих две цифры (например, 22, 65, 70), и записать его в итоговую таблицу.

### 4. ФОРМА ОТЧЕТА

1. Общие сведения (титульный лист):

- номер и название работы;
- Ф. И.О. студента;
- номер группы;
- дата выполнения работы;
- Ф. И.О. преподавателя.

2. Содержание отчета:

- кратко описать цель работы;

– результаты исследований внести в итоговую форму и поставить оценочные баллы за каждое выполненное задание:

### Результаты исследований переключения внимания

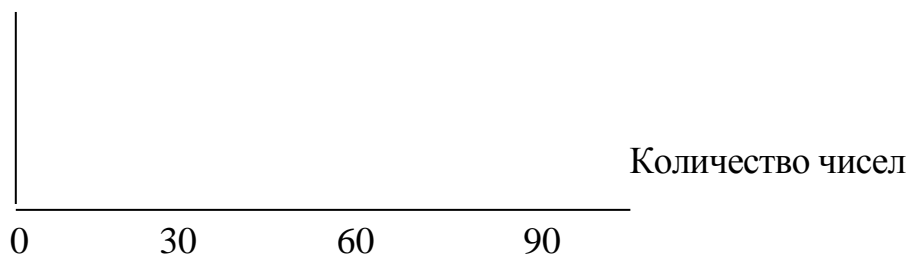
Студент \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_  
 Фамилия

Показатели	T <sub>1</sub> мин	Балл	T <sub>2</sub> мин	Балл	T <sub>3</sub> мин	Балл	T <sub>с</sub> мин	Балл	T <sub>4</sub> мин	Балл	T <sub>5</sub> сек	Балл
Высокий	4,0	5	2,0	5	3,0	5	9	5	11	5	50	5
Хороший	4,0-4,5	4	2,0-2,5	4	3,0-3,5	4	9,0-10,5	4	11-12	4	50-53	4
Средний	4,5-5,0	3	2,5-3,5	3	3,5-4,0	3	10,5-12,5	3	12-12,5	3	53-58	3
Ниже среднего	5,0-5,5	2	3,5-4,0	2	4,0-5,0	2	12,5-14,5	2	12,5-13,0	2	58-60	2
<b>ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ</b>												

*Примечание.* 5 баллов - высокий показатель; 4 балла - хороший показатель; 3 балла - средний показатель; 2 балла - показатель ниже среднего.

– построить график изменения работоспособности по переключению внимания по данным T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> и T<sub>3</sub>, на графике надписать этап «вработываемости» (от 0 до T<sub>1</sub>), этап выработки «навыка» (от T<sub>1</sub> до T<sub>2</sub>) и этап появления «усталости» (от T<sub>2</sub> до T<sub>3</sub>).

T, время, мин.



3. Рассчитать средний арифметический оценочный балл по результатам всех шести испытаний по данным таблицы с точностью до десятых: записать в отчет  $X_{cp} = \underline{\quad X, x \quad}$  баллов.

4. Сформулировать выводы по работе. Округлить до целого числа  $X_{cp}$  по законам математики и по этому значению дать итоговую оценку вашего

показателя переключения внимания (из четырёх возможных показателей: высокий, хороший, средний, ниже среднего).

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие субъективные факторы влияют на производительность и опасность труда?
2. Роль внимания в трудовой деятельности.
3. Что подразумевается под переключением внимания?
4. Значение тренированности переключения внимания для безопасности труда.
5. Какие тесты применяются для исследования свойств внимания?

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Лихтенштейн В.И.** Психология безопасности труда (учебное пособие) / Лихтенштейн В.И., Конашков В.В. Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 136 с. ISBN 978-5-7996-0941-2

## **Практическая работа № 2. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И РАЗРАБОТКА ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ ТРАВМАТИЗМА**

Цель работы – провести статистическое исследование производственного травматизма на предприятии, проанализировать причины несчастных случаев, определить экономический ущерб и дать основные рекомендации по снижению числа несчастных случаев.

### **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Травма – нарушение анатомической целостности тканей и органов тела или физиологических функций организма под действием внешних факторов, сопровождающееся их расстройством (ГОСТ 12.0.002 – 80 ССБТ. Термины и определения).

Травматизм – совокупность травм у определенных групп населения (работников, учащихся и т.д.) за определенный период времени. Травматизм бывает: производственным, бытовым, школьным, дорожно-транспортным и т.д.

Внезапные различные повреждения человеческого организма по причине несчастного случая во время выполнения рабочих обязанностей, приводящие к частичной или полной потере трудоспособности, носят понятие производственного травматизма.

Несчастный случай на производстве – *случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении им трудовых обязанностей или задания руководителя работ* (ГОСТ 12.0.002 – 80 ССБТ. Термины и определения).

Несчастные случаи на производстве подразделяется на несколько групп:

- легкие - если пострадавший получил повреждение здоровью легкой и средней тяжести и его трудоспособность полностью восстанавливается;
- тяжелые - пострадавший получает тяжелую травму, которая приводит к инвалидности;

- групповые - когда получает травму на производстве группа работников в количестве от 2-х человек;
- смертельные - если производственная травма приводит к смертельному исходу.

В соответствии со ст. 229 ТК РФ и Постановлением Правительства РФ от 31 августа 2002 г. № 653 «О формах документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве», Постановлением Минтруда РФ от 24 октября 2002 г. № 73 были утверждены:

- формы документов (формы 1 – 9), необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве;
- «Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях».

Указанные нормативные документы определяют порядок расследования и оформления несчастных случаев на производстве.

Расследованию и учету подлежат несчастные случаи, произошедшие на производстве с работниками при выполнении ими трудовых обязанностей и работ по заданию организации или индивидуального предпринимателя.

К работникам относятся:

- работники, выполняющие работу по трудовому договору;
- граждане, выполняющие работу по гражданско-правовому договору;
- студенты и учащиеся образовательных учреждений соответствующего уровня, проходящие производственную практику.

Расследованию и учету подлежат несчастные случаи на производстве, если они произошли:

- в течение рабочего времени на территории предприятия или вне территории предприятия, а также во время, необходимое для приведения в порядок рабочего места и т.п. перед началом и после окончания работы, а также при выполнении работ в сверхурочное время;

- при следовании к месту работы или с работы на предоставленном работодателем транспорте;
- во время служебной командировки;
- при следовании к месту командировки и обратно;
- во время служебных поездок на общественном транспорте, а также при следовании по заданию работодателя (его представителя) к месту выполнения работ и обратно, в том числе пешком и т.д.

Личный транспорт, используемый работником в соответствии с приказом (распоряжением) руководителя организации или уполномоченного им лица в служебных целях, рассматривается как транспорт, предоставленный организацией.

Несчастные случаи с работниками, выполняющими работы, имеющие передвижной характер, расследуется независимо от времени их происхождения, то есть во время непосредственного выполнения работником своих трудовых обязанностей, внутрисменного перерыва.

#### Обязанности работодателя

Работодатель или лицо, им уполномоченное, при несчастном случае обязан:

1. обеспечить оказание пострадавшему первой помощи, а при необходимости – доставку его в лечебное учреждение;
2. организовать формирование комиссии по расследованию;
3. обеспечить сохранение до начала расследования обстановки на рабочем месте (если это не угрожает жизни и здоровью работников и не приведет к аварии), при невозможности сохранить на рабочем месте обстановку – составить протокол осмотра, схему (эскизы) места происшествия с указанием точного расположения пострадавшего и механизмов, оборудования до и после происшествия несчастного случая, произвести фотографирование места происшествия;

4. сообщить в течение суток по установленной форме о каждом групповом несчастном случае на производстве (два или более пострадавших), тяжелом несчастном случае, несчастном случае со смертельным исходом:

- в государственную инспекцию труда;
- прокуратуру;
- орган исполнительной власти субъекта РФ;
- федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности;
- территориальное объединение профсоюзов;
- орган государственного надзора (для организаций, подконтрольных таким органам);
- организацию, направившую пострадавшего работника.

Работодатель несет ответственность за организацию и своевременное расследование и учет несчастных случаев, разработку и реализацию мероприятий по устранению причин этих случаев.

Своевременное и квалифицированное расследование несчастных случаев, происшедших на производстве, является одной из действенных форм уменьшения производственного травматизма. Такое расследование должно выявить действительные причины возникновения несчастных случаев, принять эффективные меры по их предупреждению. Материалы расследования несчастных случаев должны быть в дальнейшем использованы администрацией предприятия (организации) при планировании деятельности по снижению уровня травматизма. Для эффективного расследования несчастных случаев должны соблюдаться следующие принципы:

- своевременность и оперативность расследования,
- компетентность и правомочность лиц, проводящих расследование,
- объективность расследования.

#### 1.1. Порядок расследования несчастного случая

Расследование неосложненных несчастных случаев проводит комиссия, утвержденная приказом руководителя организации. В состав комиссии по

расследованию несчастных случаев в соответствии с нормами статьи 229 Трудового кодекса РФ должно быть включено не менее трех человек, однако во всех случаях комиссия формируется из нечетного количества членов. Состав комиссии и сроки расследования несчастных случаев на производстве в зависимости от их характера и тяжести приведены в таблице № 1.

Таблица №1.

Состав комиссии и сроки расследования несчастных случаев (НС) на  
производстве

№ п/п	Условия НС	Состав комиссии	Сроки расследования
1	Несчастный случай (неосложненный)	а) представитель работодателя б) представитель профсоюзного органа (иного уполномоченного представительного органа) в) специалист по охране труда (или лицо, выполняющее его функции)	В течение 3 дней
2	Групповой несчастный случай, тяжёлый несчастный случай, несчастный случай со смертельным исходом	а) представитель работодателя б) представитель профсоюзного органа (иного уполномоченного представительного органа) в) специалист по охране труда (или лицо, выполняющее его функции) г) государственный инспектор по охране труда д) представители органа исполнительной власти субъекта РФ (или органа местного самоуправления) е) представитель территориального объединения организаций профсоюзов	В течение 15 дней
3	Групповой несчастный случай с числом погибших 5 и более человек	а) специалист по охране труда (или лицо, выполняющее его функции) б) представитель профсоюзного органа (иного уполномоченного представительного органа) в) уполномоченный по охране труда на производстве г) государственный инспектор по охране труда д) представители органа исполнительной власти субъекта РФ (или органа местного самоуправления) е) представитель территориального объединения организаций профсоюзов ж) представитель Федеральной инспекции труда з) представитель федерального органа исполнительной власти (по ведомственной принадлежности) и) представитель Общероссийского объединения профсоюзов	В течение 15 дней
4	Групповые аварии с числом погибших 15 человек и более	Состав комиссии определяется и утверждается Правительством РФ	В течение 15 дней

Несчастные случаи, произошедшие с работниками сторонних организаций, расследуются с участием полномочного представителя этих организаций.

Расследование несчастных случаев, о которых не было своевременно (срок не ограничен) сообщено работодателю или в результате которых нетрудоспособность наступила не сразу, расследуются в течение месяца со дня поступления заявления от пострадавшего или его доверенного лица.

На каждый несчастный случай, на который выдан больничный лист (хотя бы на 1 день), оформляется акт по форме Н-1, который подписывается членами комиссии, утверждается работодателем и заверяется печатью организации.

Акт по форме Н-1 оформляется в трех экземплярах:

- один экземпляр выдаётся пострадавшему (его доверенному лицу) или родственникам погибшего по их требованию не позднее 3 дней после окончания расследования;
- второй экземпляр хранится вместе с материалами расследования в течение 45 лет в организации по основному месту работы пострадавшего;
- при несчастном случае на производстве с застрахованным третий экземпляр направляется в местное отделение Фонда социального страхования.

По каждому несчастному случаю на производстве, повлекшему за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату им трудоспособности либо его смерть, оформляется акт о несчастном случае по форме Н-1.

## 1.2. Классификация причин травматизма

В настоящее время предложена следующая условная классификация причин травматизма [1]:

1. *Организационные причины*: отсутствие или неудовлетворительное проведение инструктажа; отсутствие проекта проведения работ, инструкций по технике безопасности; руководства и надзора за работой. Неудовлетворительный режим труда и отдыха; неправильная организация рабочего места; движения пешеходов и транспорта; отсутствие неисправность или несоответствие условиям работы, спецодежды, СИЗ (средства индивидуальной защиты).

2. *Технические причины* подразделяют на конструкторские, технологические и связанные с недостатками технического обслуживания.

2.1. *Конструкторские причины*: несоответствие требованиям безопасности технологического оборудования, транспортных и энергетических устройств; несовершенство конструкции применяемого оборудования, инструмента; отсутствие или несовершенство технических средств безопасности.

2.2. *Технологические причины*: неправильный выбор оборудования, средств механизации, нарушения технологического процесса.

2.3. *Неудовлетворительное техническое обслуживание*: отсутствие планового профилактического осмотра, ремонта оборудования, транспортных средств; неисправность ручного и переносного механизированного инструмента.

3. *Причины неудовлетворительного состояния производственной среды*: неблагоприятные метеорологические условия; неудовлетворительная освещенность; повышенный уровень шума и вибрации и др.

4. *Психофизиологические причины*: физические, психические и эмоциональные перегрузки; несоответствие возможностей человеческого организма выполняемой работе неиспользование индивидуальных средств защиты; неудовлетворительный психофизиологический климат и др.

### 1.3. Методы анализа травматизма

При изучении причин и динамики производственного травматизма используют статистический, монографический, экономический и др. методы.

1. *Статистический метод* анализа основан на изучении актов о несчастных случаях по форме Н-1 за определенный период времени. Этот метод позволяет определить сравнительную динамику травматизма по отдельным отраслям промышленности, предприятиям, цехам и участкам одного предприятия и выявить закономерности роста или снижения травматизма. При углубленном статистическом анализе травматизма помимо выявления непосредственных причин травматизма проводят также анализ

несчастных случаев по различным факторам (по характеру воздействия на организм человека, по видам работ), анализируются сведения о пострадавших (профессия, стаж, возраст, пол), данные о времени происшествия (месяц, год, день недели, смена, час рабочего дня). Методами математической статистики устанавливаются связи между причинами травматизма и его уровнем.

Для оценки уровня травматизма пользуются относительными статистическими показателями частоты и тяжести травматизма.

Коэффициент частоты, определяющий количество несчастных случаев, происходящих на 1000 работающих за отчетный период, определяется:

$$K_{\text{ч}} = \frac{1000 * T}{P} \quad (1)$$

где  $T$  – общее количество несчастных случаев за отчетный период;

$P$  - среднесписочное количество работающих в этой организации за тот же отчетный период.

Коэффициент тяжести травматизма, устанавливающий среднюю длительность временной нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай, происшедший на производстве:

$$K_{\text{т}} = \frac{\sum D}{T - T_{\text{с}}}, \quad (2)$$

где  $\sum D$  – суммарное количество рабочих дней, пропущенных в результате нетрудоспособности по всем случаям травмы (по закрытым больничным листам).

$T_{\text{с}}$  - количество случаев со смертельным и инвалидным исходом.

Коэффициент опасности производства ( $K_{\text{оп}}$ ):

$$K_{\text{оп}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}} = \frac{\sum D}{P} 1000. \quad (3)$$

В определение указанных коэффициентов травматизма не входят случаи с тяжелым (инвалидным) и смертельным исходом.

Коэффициент частоты смертельных несчастных случаев:

$$K_c = \frac{T_c * 100}{T}, \quad (4)$$

где  $T_c$  – количество случаев со смертельным и инвалидным исходом;

$T$  – общее количество несчастных случаев за отчетный период.

Оценку уровня производственного травматизма на предприятии (организации) следует производить по всем показателям  $K_{ч}$ ,  $K_{т}$ ,  $K_{оп}$  и  $K_c$ .

2. *Топографический метод* состоит в изучении причин несчастных случаев по месту их происшествия. Все несчастные случаи систематически наносят условными знаками на планы цехов, в результате чего наглядно видны рабочие места, участки с повышенной травмоопасностью, требующие особого внимания, тщательного обследования и проведения профилактических мероприятий.

3. *Монографический метод* изучения травматизма включает детальное исследование всего комплекса условий труда, в которых произошел несчастный случай: трудового и технологического процессов, рабочего места, основного и вспомогательного оборудования, средств коллективной и индивидуальной защиты и т.д. При монографическом анализе широко применяют также технические способы и средства применения (испытание оборудования, контроль параметров производственной среды и др.). В результате такого исследования выявляются не только причины происшедших несчастных случаев, но и, что особенно важно, причины, которые могут привести к травматизму.

4. *Экономический метод* заключается в определении потерь, вызванных производственным травматизмом, а также в оценке социально-экономической эффективности мероприятий по предупреждению несчастных случаев. Этот

метод не позволяет выявить причины травматизма и поэтому является дополнительным.

Наиболее полные и объективные результаты позволяют получить комплексные методы исследования производственного травматизма, сочетающие рассмотренные выше методы.

## 2. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа проводится в три этапа: сначала проводится статистический анализ производственного травматизма на предприятии и выявляются причины несчастных случаев, далее проводится определение экономического ущерба, и затем на основании полученных данных предлагаются решения и рекомендации по снижению числа несчастных случаев на предприятии.

### 2.1. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с 40 актами о несчастных случаях по форме Н-1 (акты прилагаются). Просим Вас включить воображение и Вы должны представить себе, что все эти несчастные случаи произошли в течении одного года на одном машиностроительном предприятии, например - «Станкозавод», а не на разных предприятиях, как указано в актах.
2. Каждый студент анализирует все 40 актов. Акты о несчастных случаях считать за один и тот же год и на одном и том же предприятии.
3. Номер Вашего варианта задания равен Вашему номеру в списке Вашей группы (таблица № 2).

Таблица № 2

Данные вариантов заданий

<b>Вариант</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Среднесписочное число работающих Р, чел.	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700

<b>Вариант</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
----------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Среднесписочное число работающих Р, чел.	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

<b>Вариант</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
Среднесписочное число работающих Р, чел.	3800	3900	4000	4100	4200	4300	4400	4500	4600	4700

4. Соответствующие данные и результаты расчетов  $K_t$ ,  $K_{\text{ч}}$ ,  $K_{\text{оп}}$  Вашего варианта занесите в итоговую таблицу 3.

Таблица 3

Результаты эксперимента

Студент \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ Номер варианта \_\_\_\_\_  
 Фамилия \_\_\_\_\_  
 Среднесписочное число работающих Р «Станкозавода» - \_\_\_\_\_ человек.

№ пп	Показатели	1 кв	2 кв	3 кв	4 кв	За год
1	Общее число несчастных случаев $T$					
2	Число неосложненных случаев $T_{\text{но}}$					
3	Число групповых случаев $T_{\text{г}}$					
4	Число случаев со смертельным и инвалидным исходом $T_{\text{с}}$					
5	Общее число пострадавших $Ч_{\text{п}}$					
6	Количество умерших $Ч_{\text{ум}}$					
7	Количество дней нетрудоспособности по всем случаям $D$					
8	Коэффициент тяжести $K_t$					
9	Коэффициент частоты $K_{\text{ч}}$					
10	Коэффициент опасности производства $K_{\text{оп}}$					
11	Выплаты по больничным листам, руб					

5. Дни нетрудоспособности и выплаты необходимо примерно оценить в соответствии с пунктом 8.2. акта о несчастных случаях (форма Н-1): «характер полученных повреждений и орган, подвергшийся повреждению, медицинское заключение о тяжести повреждения здоровья». Оплата дней нетрудоспособности по МРОТу.
6. По данным актов подсчитать общее количество несчастных случаев и число рабочих дней нетрудоспособности за каждый квартал года.
7. Рассчитать  $K_{\text{ч}}$ ,  $K_{\text{т}}$ ,  $K_{\text{оп}}$  и  $K_{\text{с}}$  (если они произошли) по формулам (1) – (4).
8. По полученным значениям построить гистограмму производственного травматизма за отчетный период поквартально (по коэффициентам частоты, тяжести и общего травматизма).
9. Провести анализ всех причин несчастных случаев на производстве в соответствии с п. 1.2. (в процентах от общего количества всех несчастных случаев).
10. Составить заключение о травматизме на предприятии, сделать вывод об основных причинах несчастных случаев и предложить профилактические мероприятия.
11. Письменно ответить на один контрольный вопрос: номер которого равен Вашему номеру в списке Вашей группы для номеров от 1 до 10. Для номеров N списка группы от 11 до 20 номер Вашего контрольного вопроса равен N- 10. Для номеров N списка группы от 21 до 30 номер Вашего контрольного вопроса равен N-20

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким документом определен порядок расследования и оформления несчастных случаев?
2. Какие несчастные случаи подлежат расследованию и учету?
3. Обязанности работодателя?
4. С какой целью необходимо своевременно расследовать несчастные случаи, происшедшие на производстве?

5. Порядок и сроки расследования несчастных случаев.
6. Назовите наиболее частые причины производственного травматизма?
7. Какие принципы должны соблюдаться для достижения более эффективного расследования?
8. Задачи статистического анализа производственного травматизма?
9. Какими показателями пользуются для оценки уровня травматизма?
10. Мероприятия по снижению производственного травматизма?

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Заархивированный файл «Акты Н-1», включающий 40 актов о несчастных случаях по форме Н-1.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Волкова А.А.** Безопасность жизнедеятельности : учебник / Волкова А.А., Шишкунов В.Г., Тягунов Г.В. Екатеринбург : УрФУ, 2013. 233 с.

# **Практическая работа № 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОПЕРАТОРА**

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Цель работы – ознакомить с методиками изучения эмоциональной устойчивости и психической работоспособности оператора и показать различную эффективность обследуемых при выполнении ими заданий.

В настоящее время одной из распространенных профессий является операторская деятельность по управлению сложными производственными процессами, машинами и станками. Возросшая цена ошибки оператора повысила роль проблемы психической надежности человека в системе человек-машина.

Под психической надежностью оператора понимается способность оператора выполнять действия, обеспечивающие нормативное функционирование управляемой им технической системы. От уровня психической работоспособности зависят не только эффективность труда, но и правильные действия оператора, направленные на предупреждение аварийности и травматизма на производстве. Правильный подбор операторов для различных видов работ на основе определения их индивидуальных возможностей обеспечит эффективность системы управления.

С целью профессионального отбора используются различные методики изучения личности и работоспособности человека, включающие в себя беседы, наблюдения, различной формы опросники и т.д.

## **2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ**

В процессе работы необходимо изучить эмоциональную устойчивость членов испытуемой группы (по шкале самооценки), затем определить фактическую работоспособность этих лиц с помощью арифметического теста. В заключение работы необходимо сравнить первую и вторую части исследований и проанализировать их.

Работа проводится в три этапа. На первом этапе – ознакомление с методикой оценки эмоциональной устойчивости человека. Наиболее распространенной является использование шкалы самооценки.

Второй этап работы – определение психической работоспособности обследуемых. Исследования проводятся с помощью анализа скорости переработки информации и методом определения скорости и правильности выполнения арифметических действий.

Третий этап работы – сопоставление результатов прогностического характера, т.е. первой части исследований, с результатами данных по определению фактической работоспособности обследуемых второго этапа работы.

### 3. ИЗУЧЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Тест – шкала самооценки (разработана Ч.Д. Спилбергом и адаптирована в России Ю.Л. Ханиным). Проблема технической надежности человека в системе человек-машина тесно связана с прогнозированием его поведения в ненормативных и кризисных ситуациях. Для профотбора необходимы критерии, характеризующие нервно-психическую устойчивость. Одним из старых и довольно объективных методов является субъективная оценка обследуемых своего состояния. Несмотря на недостатки метода самооценки (требуется умение разобраться в себе и объективно изложить свои ощущения), он дает основание делать заключение о личностных особенностях обследуемых. В практике изучения личности широко применяется шкала самооценки (табл.1), позволяющая определить уровень тревожности человека в момент обследования (реактивная тревожность РТ) и уровень тревожности как устойчивой черты личности (личностная тревожность ЛТ). Уровень тревожности – биологически и социально – необходимое явление, обеспечивающее реакцию человека на изменение окружающей среды и адаптацию к ней. Каждому человеку присущ свой уровень тревожности. В

целях профотбора следует считать отрицательными лишь крайние варианты уровней тревожности, т.е. чрезмерно высокую и резко пониженную.

При исследовании испытуемый должен знать следующее: первая часть вопросов (РТ – пункты 1–20, табл. 1) предусматривает изучение состояния в момент обследования, а вторая часть дает ответы на вопросы (ЛТ – пункты 21–40, табл. 1), характеризующие постоянные свойства личности. В шкале самооценки зачеркните соответствующую цифру справа в зависимости от того, как Вы себя чувствуете в данный момент. Над вопросами не задумывайтесь, поскольку правильных или неправильных ответов нет. Зачеркните соответствующую цифру справа в зависимости от того, как Вы себя чувствуете обычно.

#### Обработка результатов исследования

Показатели РТ и ЛТ подсчитываются по отдельным формулам:

$$РТ = \sum_1 - \sum_2 + 50 ,$$

где

$\sum_1$  – сумма зачеркнутых цифр на бланке по пунктам шкалы 3,4,6,7,9,12,13,14,17,18;

$\sum_2$  – сумма остальных зачеркнутых цифр по пунктам 1,2,5,8,10,11,15,16,19,20;

$$ЛТ = \sum_1 - \sum_2 + 35,$$

где

$\sum_1$  – сумма зачеркнутых цифр на бланке по пунктам шкалы 22,23,24,25,28,29,31,32,34,35,37,38,40;

$\sum_2$  – остальных зачеркнутых цифр по пунктам 21,26,27,30,33,36,39.

Рекомендуются следующие критические оценки:

30 и < – низкий уровень тревожности;

31–45 – умеренный уровень тревожности;

45 и > – высокий уровень тревожности.

№	Состояние	Нет, это совсем не так	Пожалуй так	Верно	Совершенно верно
---	-----------	------------------------	-------------	-------	------------------

Таблица 1

1.	Я спокоен	1	2	3	4
2.	Мне ничто не угрожает	1	2	3	4
3.	Я нахожусь в напряжении	1	2	3	4
4.	Я испытываю сожаление	1	2	3	4
5.	Я чувствую себя свободно	1	2	3	4
6.	Я расстроен	1	2	3	4
7.	Меня волнуют возможные неудачи	1	2	3	4
8.	Я чувствую себя отдохнувшим	1	2	3	4
9.	Я встревожен	1	2	3	4
10.	Я испытываю чувство внутреннего удовлетворения	1	2	3	4
11.	Я уверен в себе	1	2	3	4
12.	Я нервничаю	1	2	3	4
13.	Я не нахожу себе места	1	2	3	4
14.	Я взвинчен	1	2	3	4
15.	Я не чувствую скованности, напряженности	1	2	3	4
16.	Я доволен	1	2	3	4
17.	Я озабочен	1	2	3	4
18.	Я слишком возбужден и мне не по себе	1	2	3	4
19.	Мне радостно	1	2	3	4
20.	Мне приятно	1	2	3	4

№	Состояние	Почти никогда	Никогда	Часто	Почти всегда
21.	Я испытываю удовольствие	1	2	3	4
22.	Я быстро устаю	1	2	3	4
23.	Я легко могу заплакать	1	2	3	4
24.	Я хотел бы быть таким же счастливым, как и другие	1	2	3	4
25.	Я проигрываю из-за того, что недостаточно быстро принимаю решения	1	2	3	4
26.	Я чувствую себя бодрым	1	2	3	4
27.	Я спокоен, хладнокровен и собран	1	2	3	4
28.	Ожидаемые трудности очень тревожат меня	1	2	3	4
29.	Я слишком переживаю из-за пустяков	1	2	3	4
30.	Я вполне счастлив	1	2	3	4
31.	Я принимаю все слишком близко к сердцу	1	2	3	4
32.	Мне не хватает уверенности в себе	1	2	3	4
33.	Я чувствую себя в безопасности	1	2	3	4
34.	Я стараюсь избегать критических ситуаций и трудностей	1	2	3	4
35.	У меня бывает хандра	1	2	3	4
36.	Я доволен	1	2	3	4
37.	Всякие пустяки отвлекают и волнуют меня	1	2	3	4
38.	Я так сильно переживаю свои разочарования, что потом долго не могу о них забыть	1	2	3	4
39.	Я – уравновешенный человек	1	2	3	4
40.	Меня охватывает сильное беспокойство, когда я думаю о своих делах и заботах	1	2	3	4

С позиции психической надежности оператора в критической ситуации лица с низким уровнем тревожности рассматриваются как склонные к недооценке конкретной обстановки и действиям с запозданием (отставленная реакция). Лица с высоким уровнем тревожности обычно реагируют на изменение обстановки быстро, но необычайно бурно (аффективно), что может вести к ошибочным (паническим) действиям и, следовательно, к аварии и травматизму.

Лица с высоким уровнем тревожности склонны к проявлению состояния сильного волнения в ситуациях оценки его компетентности, подготовленности и престижа. В процессе труда и воспитательной работы с такими людьми рекомендуется сместить акцент с внешней требовательности, категоричности и высокой значимости в постановке задач на содержательное осмысление деятельности и конкретное планирование по подзадачам, а также на формирование чувства уверенности в успехе.

Люди с низким уровнем тревожности, наоборот, требуют пробуждения активности личности, большего внимания и мотивации деятельности, возбуждения заинтересованности и чувства ответственности, акцентирования общественной и личной значимости и необходимости решения тех или иных задач.

Высказанные положения относятся как к саморегуляции, так и к индивидуальному подходу в руководстве другими людьми. Оценка динамики состояния тревожности (табл. 2) выполняется при дополнительном задании. При необходимости оценки изменения тревожности в течение дня (смены) может быть использован сокращенный вариант шкалы.

Расчет РТ выполняются по формуле:

$$РТ = \sum_1 - \sum_2 + 16,$$

где:

$\sum_1$  – сумма вычеркнутых цифр по пунктам шкалы 2–5;

$\sum_2$  – сумма по пунктам 1,3,4.

Величины показателя изменяются в пределах от 5 до 20.

## ШКАЛА САМООЦЕНКИ (ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ)

Зачеркните соответствующую цифру справа в зависимости от того, как Вы себя чувствуете в данный момент.

Таблица 2

№	Состояние	Нет, это не так	Пожалуй, так	Верно	Совершенно верно
1	Я чувствую себя свободно.	1	2	3	4
2	Я нервничаю.	1	2	3	4
3	Я не чувствую скованности.	1	2	3	4
4	Я доволен.	1	2	3	4
5	Я озабочен.	1	2	3	4

### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПСИХИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОБСЛЕДУЕМЫХ

Оценка работоспособности по скорости и правильности выполнения арифметических действий. Для выполнения этой работы необходимы секундомер и таблица с набором трех – или четырехзначных чисел (табл. 3).

Таблица 3

Число:	782	725	948	245	276	534	523	444	187	411
Ответ:	нет	нет	да	нет	да	да	нет	да	нет	да
Число:	6473	1872	7533	3242	2532	9634	7523	3549	1874	6744
Ответ:	нет	да	да	нет	да	нет	нет	да	нет	да
Число:	16782	86725	34532	45735	68241	41287	82536	94245	24245	83457
Ответ:	да	нет	нет	да	да	нет	да	да	нет	да

Исследование проводят два студента, выступающие попеременно в роли экспериментатора и испытуемого. Исследование психической работоспособности производить с привлечением студента из своей группы

дистанционно. Экспериментатор сообщает испытуемому, что после названия трех- или четырехзначного числа он должен быстро сложить его составные части, в уме определить, делится ли полученная сумма на три, и быстро ответить «Да» или «Нет» (6473:  $6 + 4 + 7 + 3 = 20$ , нет). Экспериментатор секундомером засекает время от объявления цифры до получения ответа и записывает результаты. Отдельно учитывается количество неправильных (ошибочных) ответов. Всего экспериментатор называет пятнадцать цифр в любой последовательности (трех- или четырехзначные цифры в зависимости от способности испытуемых к арифметическому счету). При определении психической работоспособности учитывается время выполнения задания (сумма времени, затраченного на пятнадцать ответов) и количество допущенных ошибок. При желании преподавателя (экспериментатора) расширить задание он может предложить в целях показа различия индивидуальной работоспособности обследуемых сравнить результаты работы отдельных студентов (6–8 человек). В целях демонстрации приобретения опыта (периода вработываемости) сравниваются результаты повторных выполнений одним студентом ряда заданий. Числа математического теста при этом называются в обратном порядке или в различной последовательности.

В заключение проводятся сравнения ориентировочных (прогностических) данных о возможной пригодности к высокоответственным видам работы с полученными данными о психической (умственной) работоспособности обследуемых.

С несомненной долей условности результаты исследований следует дифференцировать по трехстепенной оценке (от 1 до 3). В частности, по шкале тревожности могут быть такие оценки:

- низкая – 1;
- умеренная – 2;
- высокая – 3.

При арифметическом задании:

- отлично – 1, время менее 1,5 мин;

- хорошо – 2, время от 1,5 до 2,5 мин;
- удовлетворительно – 3, время более 2,5 мин.

(при этом учитывается также рекомендуемое время, затраченное на выполнение задания и количество допущенных ошибок).

Заключение о возможной пригодности студента к высокоответственным видам работы проводить при следующих условиях:

**Пригоден** : при критических оценках РТ и ЛТ 1(низкая) и 2(умеренная) и при оценке арифметического задания 1 (отлично) и 2 (хорошо).

**Дообследование**: при критических оценках РТ и ЛТ 3 (высокая) и при оценке арифметического задания 3(удовлетворительно), т.е. при наличии хотя бы одной оценки 3.

Таблица 4

Результаты исследования психической работоспособности

Студент \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_  
Фамилия

Шкала самооценки РТ		Шкала самооценки ЛТ		Арифметическое задание			Заключение	
Результат расчета РТ	Уровень тревожности	Результат расчета ЛТ	Уровень тревожности	Сумма времени на 15 ответов	К-во ошибочных ответов	Оценка	Пригоден	Дообследование

При проведении данного исследования следует отметить его условный (модельный) характер и сложность выполнения такого вида исследования в практике (чем объясняется в ряде случаев расхождение результатов), а также значение добросовестного отношения испытуемых к качественному выполнению заданий (тестов).

## 5. ФОРМА ОТЧЕТА

### 1. Общие сведения (титульный лист):

- номер и название работы;
- Ф. И.О. студента;
- номер группы;
- дата выполнения работы;
- Ф. И.О. преподавателя.

### 2. Содержание отчета:

- кратко описать цель работы;
- результаты исследований представить в виде таблицы 4.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как понимать термин «Психическая надежность» оператора?
2. Какая методика используется для оценки эмоциональной устойчивости оператора?
3. Что такое «уровень тревожности» человека? Что такое РТ и ЛТ?
4. Какой тест используется для оценки психической работоспособности обследуемых?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Практическая психология.** Учебник / Санкт-Петербург.: «ДидактикаПлюс», 2001. 347 с.
2. **Психология.** Учебник для технических ВУЗов / под ред. Дружинина А.В. Санкт-Петербург.: «Питер», 2000. 608 с.
3. **Купряжкина С.Н.** Исследование психической работоспособности оператора: методические указания к деловой игре № 3 по курсу «Безопасность жизнедеятельности» / С.Н. Купряжкина, Э.П. Галембо. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 1990. 10 с.

## **Практическая работа № 4. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

### **ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Освещение – это использование световой энергии солнца и искусственных источников света для обеспечения зрительного восприятия окружающего мира. Около 80 % информации о состоянии внешней среды (производственной среды) поступает в мозг человека через зрительные рецепторы. Глаз человека воспринимает свет, отраженный от различных предметов. Свет представляет собой часть спектра электромагнитного излучения, отличающегося длиной волны. Изменение длины волны в пределах видимого спектра приводит к смене цвета световых лучей – от красного до фиолетового. Чувствительность глаза к волнам различной длины неодинакова. Наибольшую чувствительность глаз имеет к волнам, которые находятся в середине спектра видимого света (500-600 нм), этот диапазон соответствует излучению желто-зеленого цвета.

Свет является естественным условием жизни человека, он обеспечивает непосредственную связь организма с окружающим миром, является сигнальным раздражителем для органа зрения и организма в целом. Грамотно организованное освещение улучшает протекание основных процессов высшей нервной деятельности, стимулирует обменные и иммунобиологические процессы, оказывает влияние на формирование суточного режима ритма физиологических функций человека. Недостаточная освещенность вызывает зрительный дискомфорт и ощущение напряженности, что может быть также причиной снижения производительности, качества труда и травматизма.

Производственное освещение – это такая система естественного и искусственного освещения, которая позволяет работникам, осуществлять технологический процесс с высокой эффективностью и безопасно. Положительное влияние правильно решенной системы освещения на производительность труда не вызывает сомнения. Так, солнечное освещение увеличивает производительность труда до 10 %, а создание рационального

искусственного освещения – до 13 %, при этом в ряде производств, брак снижается до 20-25 %. По источнику излучения светового потока различают естественное, искусственное и совмещенное освещение.

Виды искусственного производственного освещения: общее (равномерное или локализованное) и комбинированное (общее и местное). По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное резервное и специальное. Специальное освещение может быть охранным, дежурным, эвакуационным, сигнальным, эритемным (ультрафиолетовое излучение 300 - 310 нм: для облучения людей, работающих в помещениях без естественного света, для устранения ультрафиолетовой недостаточности), бактерицидным (ультрафиолетовое излучение ртути 254 нм: оно обладает сильным бактерицидным действием и широко используется для обеззараживания воздуха, жидкостей, продуктов).

## СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

Нагретые тела излучают в пространство лучистую энергию, представляющую собой электромагнитные колебания. К световому излучению относятся электромагнитные колебания, спектр которых определяется длиной волны  $\lambda$  от нескольких мкм (инфракрасные лучи) до сотых долей мкм (ультрафиолетовые лучи). Видимая часть спектра лежит в пределах  $\lambda = 380 - 780$  нм.

Производственное освещение характеризуется количественными и качественными показателями.

К количественным показателям относятся основные светотехнические величины: световой поток, сила света, освещенность и яркость.

Основная величина, характеризующая источник излучения видимого света, - световой поток  $F$  (мощность лучистой энергии), оценивается глазом по произведенному ею световому ощущению, измеряется в люменах (лм). 1 лм – световой поток, излучаемый с поверхности абсолютно черного тела  $S =$

0,5305 м<sup>2</sup> при температуре затвердевания платины. Например, карманный фонарик излучает световой поток 6-10 лм, лампа накаливания 100 Вт – 1350 лм.

Сила света –  $I$  пространственная плотность светового потока, определяемая отношением светового потока  $F$  к телесному углу  $\omega$  с вершиной в точке расположения светильника, в пределах которого равномерно распределен этот поток. Единица силы света – кандела (кд):

$$I = F/\omega,$$

где:  $I$  – сила света, кд,  $F$  – световой поток, лм,  $\omega$  – телесный угол, стер (стерадиан). 1 кд – сила света источника, испускаемая с площади  $1/(6 \times 10^5)$  м<sup>2</sup>, перпендикулярной к этому сечению направлений, при температуре затвердевания платины.

Освещенность  $E$  – поверхностная плотность светового потока. Освещенность определяется отношением светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности и измеряется в люксах (лк). Связь между  $F$  и  $E$ :

$$E = F/S,$$

где:  $S$  – освещаемая поверхность, м<sup>2</sup>,  $E$  – освещенность, лк,  $F$  – световой поток, лм. 1 лк – освещенность поверхности в 1 м<sup>2</sup> при световом потоке в 1 лм. Освещенность характеризует поверхностную плотность светового потока. Например, в ясный летний день освещенность поверхности Земли составляет 80-90-тыс. лк, в пасмурную погоду – 4-5 тыс. лк.

Яркость поверхности  $B$  – светотехническая величина, непосредственно воспринимаемая глазом, определяется выражением:

$$B = (I \times \cos \alpha)/S$$

где:  $S$  – светящаяся поверхность, м<sup>2</sup>,  $\alpha$  – угол между нормалью к этой поверхности и направлением силы света  $I$  к сетчатке глаза. Яркость источников света необходимо учитывать при оценке качества освещения. Яркость для внутреннего освещения –  $0,5 \times 10^4$  кд/м<sup>2</sup>, для наружного –  $3 \times 10^4$  кд/м<sup>2</sup>, слепящая яркость –  $6 \times 10^4$  кд/м<sup>2</sup>. Гигиенически приемлемой считается яркость до 5000 кд/м<sup>2</sup>.

К качественным показателям, определяющим условия зрительной работы, является фон, контраст объекта различения с фоном, показатель ослепленности, показатель дискомфорта.

Фон – поверхность, прилегающая к объекту различения, на котором он рассматривается. При коэффициенте отражения  $\rho > 0,4$  фон считается светлым, при  $\rho = 0,2 - 0,4$  – средним и темным – при  $\rho < 0,2$ .

Контраст объекта различения с фоном определяется по формуле:

$$K = |V_0 - V_{\Phi}| / V_{\Phi}$$

где :  $K$  – контраст объекта различения с фоном,  $V_0$  – яркость объекта различения (кд/м<sup>2</sup>),  $V_{\Phi}$  – яркость фона (кд/м<sup>2</sup>). Контраст объекта различения при  $K > 0,5$  считается большим (объект и фон резко различаются по яркости), при  $K = 0,2-0,5$  считается средним (заметное различение), при  $K < 0,2$  считается малым (объект и фон мало различаются по яркости).

При выполнении зрительных работ в условиях производства к наиболее важным функциям зрения относятся:

1. контрастная чувствительность – способность различать минимальные уровни яркости объекта и фона;
2. острота зрения – способность различать две точки, видимые под разными углами (при нормальной остроте зрения угол различия составляет  $1^{\circ}$ );
3. скорость зрительного восприятия – способность различать отдельные детали за короткий период времени;
4. устойчивость ясного видения – способность сохранять устойчивое изображение детали;
5. цветоощущение – способность органа зрения различать цвета;
6. зрительная адаптация – способность органа зрения приспосабливаться к различению объектов в условиях изменяющегося освещения;
7. световая адаптация – приспособление органа зрения при увеличении яркости (время адаптации ~5-10 мин);
8. темновая адаптация – приспособление органа зрения при

уменьшении яркости (время адаптации от 30 мин до 2 ч).

Недостаточная освещенность, частые и резкие перепады ее в поле зрения, спектральный состав, несоответствующий естественному свету, пульсации светового потока приводят к напряжению зрения и вызывают утомление световоспринимающего и двигательного аппарата глаз, в результате чего развиваются такие состояния, как:

- астенопия, характерными признаками которой являются неясное видение, ломота и боль в области глазниц, головная боль, быстрая утомляемость

- профессиональная близорукость (обычно не более 3,0 диоптрий), частота появления которой зависит от степени зрительного напряжения, его непрерывности и длительности

- профессиональный нистагм – быстро повторяющиеся движения глазных яблок, дрожание век, головы, ухудшение самочувствия в результате работы при недостаточной освещенности.

Для обеспечения нормальной работы органа зрения производственное освещение нормируется в зависимости от вида освещения (естественное, искусственное – общее или комбинированное, совмещенное) и разряда зрительной работы. При нормировании освещенности различают восемь разрядов в зависимости от степени зрительного напряжения. Первые семь разрядов классифицируются по размерам объекта различения, последний не учитывает размеров различения, поскольку работы, предусмотренные этим разрядом, требуют общего наблюдения за ходом производственного процесса.

Необходимые уровни освещенности рабочего помещения нормируют в соответствии со Сводом Правил СП 52.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП 23.05-95) «Естественное и искусственное освещение» в зависимости от точности выполняемых производственных операций, световых свойств рабочей поверхности и рассматриваемой детали, системы освещения.

## ИСТОЧНИКИ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В качестве источников света в производственных помещениях применяют лампы накаливания (ЛН) и газоразрядные лампы (ГЛ).

Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения. Конструктивно они состоят из колбы ширококонусной или грибовидной формы, в которую заварена гребешковая ножка со смонтированным в ней вольфрамовым телом накаливания.

Отличительные особенности ламп накаливания:

1. относительно невысокая световая отдача (от 7 до 19 лм/Вт);
2. небольшая продолжительность горения (до 2,5 тыс. ч);
3. низкий КПД, равный 10 – 13 %;
4. преобладание в спектре желтых и красных лучей, что сильно отличает спектральный состав от солнечного света.

По назначению лампы накаливания классифицируют на лампы общего назначения и лампы специального назначения (для сигнализации, транспортные, метрологические и др.). В маркировке ламп накаливания буква В – обозначает вакуумные лампы, Г – газонаполненные, К – лампы с криптоновым наполнением, Б – биспиральные лампы. Наибольшее распространение имеют лампы накаливания общего назначения, изготавливаемые на напряжения 127 и 220 В, мощностью от 15 до 1500 Вт. Выпускаются также лампы общего назначения, рассчитанные на напряжения 127-135 и 220-235 В. Разновидностью ламп накаливания являются галогенные лампы, в которых наряду с вольфрамовой нитью в колбе имеются пары галогена (например, йода), который повышает температуру накала и практически исключает испарение. Такие лампы имеют более продолжительный срок службы (до 3000 ч) и высокую светоотдачу (до 30 лм/Вт).

Применение ламп накаливания общего назначения для освещения ограничивается Федеральным законом от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ. Не допускается применение для освещения ламп накаливания общего назначения мощностью 100 Вт и более.

Газоразрядные лампы различаются на лампы низкого давления – люминесцентные и высокого давления. Газоразрядные лампы получили наибольшее распространение на производстве, в организациях и учреждениях, прежде всего из-за значительно большей светоотдачи (40-110 лм/Вт) и срока службы (8000-12000 ч). Подбирая сочетание инертных газов, паров металла, заполняющих колбы, и люминофора, можно получить свет практически любого спектрального диапазона – красный, зеленый, желтый и т.д. Для освещения в помещениях наибольшее распространение получили люминесцентные лампы дневного света, колба которых заполнена парами ртути. Свет, излучаемый такими лампами, близок по своему спектру к солнечному свету.

Принцип действия люминесцентных ламп основан на использовании фотолюминесцентных люминофоров, возбуждаемых ультрафиолетовым излучением электрического разряда в парах ртути при низком давлении (5-10 Па). Невидимое ультрафиолетовое излучение плазмы (ионизированных паров металла) преобразуется с помощью люминофоров в излучение, ощущаемое глазом.

Газоразрядные люминесцентные лампы бывают с разным распределением светового потока по спектру:

1. лампы белого света (ЛБ);
2. лампы холодно-белого света (ЛХБ);
3. лампы с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ);
4. лампы тепло-белого света (ЛТБ);
5. лампы, близкие по спектру к солнечному свету (ЛЕ);
6. лампы холодно-белого света улучшенной цветопередачи (ЛХБЦ).

Наиболее экономичными являются лампы ЛБ.

К газоразрядным лампам высокого давления относятся:

1. дуговые ртутные лампы с исправленной цветностью (ДРЛ);
2. ксеноновые, основанные на излучении дугового разряда в тяжелых инертных газах (ДКсТ);
3. натриевые высокого давления (ДНаТ);

#### 4. металлогалогенные с добавкой йодидов металлов (ДРИ).

В промышленных помещениях для освещения рабочих мест используются лампы ДРЛ. Другие типы ламп используются для освещения больших открытых территорий, городских площадей, стадионов, вокзалов.

Лампы ДРЛ рекомендуются для производственных помещений, если работа не связана с различением цветов и наружного освещения. Газоразрядные лампы высокого давления представляют собой трубку большей частью из кварцевого стекла, по концам которой впаяны активированные самоклеящиеся вольфрамовые электроды. Внутри трубки после тщательного обезвоживания вводится строго дозированное количество ртути и спектрально чистый аргон при давлении 1,5-3 кПа. Аргон служит для облегчения зажигания разряда и защиты электродов от распыления в начальной стадии разгорания лампы, так как при комнатной температуре давление паров ртути очень низкое (около 1,5 Па). В отдельных типах ламп кварцевая разрядная трубка помещается в вакуумированную внешнюю колбу. Лампы включают в сеть с соответствующей пускорегулирующей аппаратурой.

Новыми источниками света являются светодиоды (полупроводниковые приборы с электронно-дырочным переходом) со светоотдачей до 160 лм/Вт, сроком службы от 30 000 до 100 000 ч (при работе 8 ч в день – 34 года), экологичные и с низкой стоимостью. В светодиодах может быть достигнут свет от ультрафиолета (GaN) до среднего инфракрасного диапазона (PbS).

#### СВЕТИЛЬНИКИ

Создание в производственных помещениях высококачественного и экономичного освещения невозможно без применения рациональных светильников. Электрический светильник представляет собой совокупность источника света и арматуры. Наиболее важной функцией осветительной арматуры является перераспределение светового потока, которое повышает экономичность осветительной установки. Другим не менее важным назначением осветительной арматуры является предохранение глаз работающих от воздействия чрезмерно больших яркостей источников света.

Осветительная арматура служит также для предохранения источника света от загрязнения и механического повреждения. Она необходима и для подвода электрического питания и крепления ламп.

По распределению светового потока в пространстве различают светильники прямого, преимущественно прямого, рассеянного, отраженного и преимущественно отраженного света.

По степени защиты от воды, пыли и взрывов в соответствии с правилами устройств электроустановок (ПУЭ) различают следующие светильники:

- открытые – лампа не отделена от внешней среды;
- защищенные – лампа отделена от внешней среды оболочкой, допускающей свободный проход воздуха;
- закрытые – оболочка защищает от проникновения крупной пыли;
- пылезащищенные – оболочка не допускает проникновения внутрь светильника тонкой пыли;
- влагозащищенные – корпус и патрон противостоят воздействию влаги и обеспечивают сохранность изоляции вводных проводов;
- взрывозащищенные, которые делятся на взрывонепроницаемые (В) и повышенной надежности против взрыва (Н).

### ОБЩЕЕ РАВНОМЕРНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

В плане и разрезе помещения при общем равномерном освещении размещение светильников показано на рис 1.

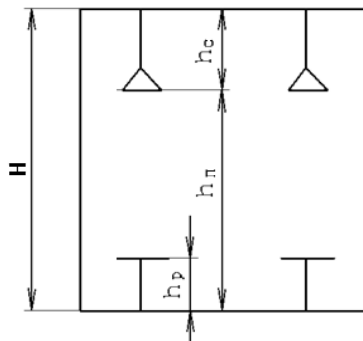


Рис. 1 Схема расположения светильников в вертикальном разрезе помещения

Размещение светильников определяется следующими размерами, м:

- Н – высотой помещения;
- $h_C$  – расстоянием светильников от перекрытия («свесом»);
- $h_{\Pi} = N - h_C$  – расстоянием светильника над полом;
- $h_P$  – расчетной высотой (высота рабочего места);
- L – расстояние между соседними светильниками или рядами люминесцентных светильников;
- l – расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стен.

Обычно с точки зрения удобства обслуживания и безопасности высоту подвеса принимают не более 4-5 м.

Расчет искусственного освещения можно проводить методом коэффициента использования светового потока, а также точечным методом (как проверочным).

Основная расчетная формула метода коэффициента использования:

$$F = \frac{E_n S k z}{N \eta} \times 100$$

Формула точечного (проверочного) метода:

$$E_{\text{доп}} = 500 e_{\text{min}}.$$

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Исходные данные для расчета приведены по вариантам в табл. 1. Номер Вашего варианта задания равен Вашему номеру в списке Вашей группы для номеров от 1 до 24. Для номеров N списка группы от 25 до 30 номер Вашего варианта равен N-24.

За основу расчета производственного освещения принять метод коэффициента использования светового потока. Расчет проводят для определения светового потока светильника  $F_{\text{РАСЧ.}}$  по формуле:

$$F_{\text{РАСЧ.}} = \frac{E_n S k z}{N \eta} \times 100 \quad (1)$$

где:

- $F_{\text{РАСЧ.}}$  - световой поток одной лампы, лм;

- $E_H$  – нормированная освещенность, лк;
- $S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;
- $k$  – коэффициент запаса;
- $z$  – коэффициент минимальной освещенности  $E_{CP}/E_{МИН}$ ;
- $N$  – количество ламп;
- $\eta$  – коэффициент использования светового потока, %.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕТОВОГО ПОТОКА ЛАМПЫ

1. Находят нормированную освещенность  $E_H$  по табл. 2, при этом учитывают характеристики зрительных работ, приведенные в табл. 3, с учетом заданного кода зрительной работы (табл. 1).

2. Высчитывают площадь помещения  $S$  по формуле:

$$S = A \times B \quad (2)$$

где:  $A$  - ширина помещения, м;  $B$  – длина помещения, м.

3. Определяют коэффициент запаса  $k$  по таблице 4 в зависимости от величины запыленности производственного помещения (табл. 1), при этом значение коэффициента принимают как среднее.

4. Выбирают коэффициент минимальной освещенности  $z$  в зависимости от типа ламп (табл. 1), принимая  $z$  для : люминесцентных ламп ЛЛ = 1,1; ламп накаливания ЛН = 1,15; дугоразрядных ламп ДРЛ = 1,2.

5. Проводят расчет необходимого количества ламп  $N$  из условия их параллельного расположения в плане и обеспечения равномерного освещения, при этом должны быть соблюдены следующие отношения:

- для ЛЛ

$$\frac{L}{H_p} = 1,0 \quad (3)$$

- для ЛН и ДРЛ

$$\frac{L}{H_p} = 0,6 \quad (4)$$

где:  $L$  – расстояние между лампами в рядах и между рядами, м;

$H_p$  – расстояние от лампы до рабочей поверхности, м, определяемое по формуле:

$$H_p = H - (h_c + h_p) \quad (5)$$

где:

- $H$  – высота помещения (цех, участок, лаборатория, кабинет)
- $h_c$  – высота свеса лампы от потолка помещения (фермы цеха), м;
- $h_p$  – высота рабочей поверхности от пола, м.

Число рядов  $R$  ламп при их параллельном расположении определяют по формуле:

$$R = \frac{A-x}{L} \quad (6)$$

где:  $x$  – расстояние от края помещения, м.

Число ламп в ряду  $L_R$  находят по формуле:

$$L_R = \frac{B-y}{L} \quad (7)$$

где:  $y$  – расстояние от края ряда, м.

Значения  $x$  и  $y$  приведены в таблице 1. Количество рядов ламп  $R$  и число ламп в ряду  $L_R$  следует округлять до целого. Тогда количество ламп  $N$  в рассматриваемом помещении вычисляют по формуле:

$$N = R \times L_R \quad (8)$$

6. Определяют коэффициент использования светового потока  $\eta$  с учетом коэффициентов отражения света от потолка и стен (табл. 1) и индекса помещения  $i$  по табл. 5, при этом индекс помещения  $i$  рассчитывают по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A+B)} \quad (9)$$

При полученном значении  $i > 5,0$  принять  $i = 5,0$ .

7. Подставив найденные значения в формулу (1), получают величину светового потока  $F_{РАСЧ.}$  одной лампы.

### ВЫБОР ТИПА ЛАМПЫ

Тип лампы выбирают по величине светового потока  $F_{ГОСТ}$ , наиболее близкого к величине рассчитанного светового потока  $F_{РАСЧ.}$  по табл. 6. В том случае, когда максимальное значение  $F_{РАСЧ.}$  для лампы значительно отличается от  $F_{ГОСТ}$ , то следует увеличить количество подходящих по типу ламп в

светильнике до 2, 3, 4-х и т. д. При проверке правильности выбора лампы принимать световой поток, равный соответственно 2, 3 или  $4 \times F_{\text{ГОСТ}}$ .

### ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ ВЫБОРА ЛАМПЫ

Проверку правильности выбора лампы проводят по формуле:

$$\frac{F_{\text{ГОСТ}} - F_{\text{расч.}}}{F_{\text{ГОСТ}}} \times 100\% \quad (10)$$

Выбор лампы будет считаться выполненным правильно, если полученное из формулы (10) значение будет укладываться в интервал от  $-10\%$  до  $+20\%$ .

### ФОРМА ОТЧЕТА

1. Общие сведения (титульный лист):

- номер и название работы;
- Ф. И.О. студента;
- номер группы;
- дата выполнения работы;
- Ф. И.О. преподавателя.

2. Содержание отчета:

- Кратко описать цель работы;
- Провести необходимые расчеты по приведенным формулам;
- Заполнить итоговую таблицу:

#### Результаты расчета производственного освещения

Студент \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_  
Фамилия

Номер варианта	$E_{\text{Н}}$ , лк	$F_{\text{РАСЧ}}$ , лм	Тип лампы	Число ламп	$F_{\text{ГОСТ}}$ , лм	Результат проверки, %

3. Сравнить найденную величину  $\frac{F_{\text{гост}} - F_{\text{расч.}}}{F_{\text{гост}}}$  с допустимым интервалом и сделать выводы по работе: укладывается ли результат проверки правильности выбора лампы в допустимый интервал или не укладывается.

Исходные данные для расчета

Параметры	№ варианта											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ширина помещения А, м	20	25	30	35	40	45	50	10	8	6	4	20
Длина помещения В, м	40	50	60	70	80	90	100	40	30	10	4	30
Тип лампы	ЛЛ	ЛН	ЛН	ЛЛ	ДРЛ	ЛН	ДРЛ	ЛН	ЛН	ЛЛ	ЛЛ	ЛН
Запыленность, мг/м <sup>3</sup>	0,6	1,1	2,4	4,3	6,9	0,8	3,5	1,6	2,7	0,5	1,7	2,2
Высота помещения Н, м	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	10	12	6,0	4,0	3,5	3,0	4,0
Высота рабочей поверхности h <sub>р</sub> , м	1,2	1,2	1,4	1,2	1,5	1,3	1,5	1,4	1,5	1,2	1,3	1,4
Высота свеса лампы h <sub>с</sub> , м	0,1	1,0	1,5	0,1	2,5	6,5	7,0	2,5	0,5	0,2	0,1	1,5
Тип светильника	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В
Коэффициент отражения от потолка, % от стен, %	30 10	30 30	30 10	50 30	50 30	50 30	70 50	50 50	30 10	50 30	70 50	70 50
Расстояние от стены помещения до первого ряда ламп х, м	1,5	2,0	1,0	1,3	2,1	1,2	1,9	2,4	1,1	1,7	2,6	1,4
Расстояние от стены помещения до первой лампы в ряду у, м	1,4	1,8	1,5	1,3	2,5	0,8	1,4	2,0	1,0	1,5	2,2	1,6
Код зрительной работы	А	В	С	Д	Е	Г	Q	І	К	L	М	Ν

Продолжение табл.1

Параметры	№ варианта											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ширина помещения А, м	25	30	35	40	45	50	10	8	20	6	30	10
Длина помещения В, м	60	80	90	120	140	160	20	25	45	10	60	20
Тип лампы	ЛН	ЛЛ	ЛН	ДРЛ	ДРЛ	ДРЛ	ЛЛ	ЛЛ	ЛН	ЛЛ	ДРЛ	ЛЛ
Запыленность, мг/м <sup>3</sup>	4,0	3,3	4,8	7,1	3,6	8,5	1,8	0,9	4,6	0,6	3,0	1,2
Высота помещения Н, м	4,5	7,0	8,0	12	16	14	4,0	3,5	5,0	3,0	8,0	3,5
Высота рабочей поверхности h <sub>р</sub> , м	0,8	1,2	1,4	0,0	2,5	2,0	1,2	1,2	1,2	1,4	0,0	1,3
Высота света лампы h <sub>с</sub> , м	2,0	0,1	2,5	5,0	8,0	6,0	0,1	0,1	1,0	0,1	2,0	0,1
Тип светильника	В	А	Б	Б	А	А	Б	Б	А	Б	В	А
Коэффициент отражения от потолка, % от стен, %	30 10	70 50	70 70	50 30	30 10	50 30	30 30	50 30	30 10	70 50	50 50	50 30
Расстояние от стены помещения до первого ряда ламп х, м	1,8	0,8	1,6	2,2	1,6	0,9	1,7	2,5	1,0	1,5	2,0	1,4
Расстояние от стены помещения до первой лампы в ряду у, м	2,4	0,6	1,6	1,9	1,8	0,8	1,1	2,7	1,0	1,4	1,5	1,3
Код зрительной работы	А	В	С	Д	Е	Г	Q	І	К	Л	М	N

Нормированная освещенность  $E_H$   
(выписка из СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»)

Характеристика зрительной работы	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк
Очень высокой Точности (от 0,15 до 0,30 мм)	II	б	малый	средний	750
			средний	темный	600
		в	малый	светлый	500
			большой	темный	400
		г	средний	светлый	300
			большой	средний	200
Высокой точности (от 0,30 до 0,50 мм)	III	а	малый	темный	400
		б	малый	средний	300
			средний	темный	200
			малый	светлый	300
			большой	темный	200
		в	средний	светлый	200
г	средний	светлый	200		
Средней точности (от 0,5 до 1,0 мм)	IV	а	малый	темный	300
		б	малый	средний	200
		в	средний	средний	200
		г	большой	светлый	200
Малой точности (от 1,0 до 5,0 мм)	V	а	малый	темный	300
		б	малый	средний	200
		в	малый	светлый	200
		г	средний	светлый	200
Грубая (очень малой точности) (Более 5 мм)	VI	-	независимо	независимо	200
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	VII	-	независимо	независимо	200

Продолжение табл. 2

Характеристика зрительной работы	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк
Общее наблюдение за ходом производственного процесса (постоянное)	VIII	а	независимо	независимо	200
Периодическое наблюдение при постоянном пребывании людей в помещении	VIII	б	независимо	независимо	75
Периодическое наблюдение при переменном пребывании людей в помещении	VIII	в	независимо	независимо	50

Таблица 3

## Характеристика помещения по характеру зрительных работ

Код зрительной работы	Разряд зрительной работы								Подразряд зрительной работы				Контраст объекта с фоном			Характеристика фона		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	а	б	в	г	Малый	Средний	Большой	Светлый	Средний	Темный
A					V				V				V					V
B					V					V			V				V	
C				V							V			V			V	
D			V						V				V					V
E			V									V		V		V		
G		V								V				V				V
Q								V	V									
I		V									V		V			V		
K								V		V								
L							V											
M								V			V							
N						V												

Таблица 4

## Коэффициент запаса k

Запыленность помещения, мг/м <sup>3</sup>	Значение коэффициента
<1	1,4 – 1,5
1-5	1,6 – 1,8
>5	1,8 – 2,0

Таблица 5

Коэффициенты использования светового потока  $\eta$ 

Обозначение светильника	А Глубокоизлучатель эмалированный			Б Люцетта цельного стекла					В Л71БОЗ		
	30	50	70	30	50	50	70	70	30	50	70
$P_{\Pi}$ , %	30	50	70	30	50	50	70	70	30	50	70
$P_{C}$ , %	10	30	50	30	30	50	50	70	10	30	50
$i$	Коэффициенты использования, %										
0,5	19	21	25	14	16	20	22	29	14	16	19
0,6	24	27	31	19	21	25	27	33	18	20	22
0,7	29	31	34	23	24	29	30	38	21	23	25
0,8	32	34	37	25	26	31	33	41	23	25	27
0,9	34	36	39	27	29	33	35	43	25	27	29
1,0	36	38	40	29	31	34	37	44	26	28	30
1,1	37	39	41	30	32	36	38	46	27	29	31
1,25	39	41	43	31	34	38	41	48	29	30	32
1,5	41	43	46	34	37	41	44	51	30	31	34
1,75	43	44	48	36	39	43	46	53	31	33	35
2,0	44	46	49	38	41	45	48	55	33	34	36
2,25	46	48	51	40	43	47	50	57	43	35	37
2,5	48	49	52	41	45	48	52	58	35	36	39
3,0	49	51	53	44	47	51	54	60	36	37	40
3,5	50	52	54	45	49	52	57	63	37	38	40
4,0	51	52	55	46	50	54	59	64	38	39	41
5,0	52	54	57	48	52	56	61	65	38	40	42

Таблица 6

## Световой поток ламп

## Люминесцентные лампы (ЛЛ), ГОСТ 6825-91 (МЭК 81-84)

тип	Ф, лм	тип	Ф, лм	тип	Ф, лм
ЛБЕ10	225	ЛД 20	920	ЛХБ 36	2600
ЛБ Е15	420	ЛБ 20	1180	ЛБ 40	3000
ЛДЦ	500	ЛДЦ	1450	ЛДЦ 80	3575
ЛД	540	ЛД	1640	ЛХБ	3820
ЛХБ	675	ЛХБ 25	1720	ЛД 65	4070
ЛБ 15	760	ЛБ 30	2100	ЛХБ 58	4400
ЛДЦ 15	820	ЛД 36	2340	ЛБ 80-2	5200

## Лампы накаливания (ЛН), ГОСТ 2239 -79

тип	Ф, лм	тип	Ф, лм	тип	Ф, лм
РН220-230-15-1	90	Б220 – 230 -75 -1	960	РН230 – 240 300	4800
Б220-230-25-1	200	Б220 – 235 -100-2	1203	РН215-225 - 500	8400
Б220-235 – 40 - 2	335	Б220 – 230 -100	1380	КГ220 -500 -1	14000
Б220 -230 - 40 - 1	430	Б235 -245–150-1	2180	КГ220 – 1000-5	8300
Б220-235-60-2	655	РН220-230-200-1	2950	КГ220 – 1500	33000
Б220 -230 - 60 - 1	730	РН220-230-300	3350	КГ220 – 2000-4	44000

## Дуговая разрядные лампы (ДРЛ), ГОСТ 16534-77

тип	Ф, лм	тип	Ф, лм	тип	Ф, лм
ДРЛ50	1800	ДРЛ250 (ДРВ)	5600	ДРЛ400	22000
ДРЛ160 (ДРВ)	3100	ДРЛ125	6300	ДРЛ700	38000
ДРЛ80	3800	ДРЛ250	13000	ДРЛ1000	58000

# **Практическая работа № 5. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА НОРМАТИВОВ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ВЫБРОСОВ**

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

При размещении, проектировании, строительстве и вводе в эксплуатацию новых и реконструируемых предприятий, сооружений и других объектов, внедрении новых технологических процессов и оборудования необходимо обеспечить соблюдение нормативов содержания вредных веществ в атмосферном воздухе. При этом должны предусматриваться улавливание, утилизация, обезвреживание вредных веществ и отходов, а также выполнение других требований по охране атмосферного воздуха исходя из того, чтобы совокупность выбросов, а также вредных физических воздействий от проектируемых, действующих и планируемых к строительству предприятий, сооружений и других объектов не привела к превышению установленных санитарно-гигиенических нормативов концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и уровней вредных физических воздействий на него.

## **2. ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ**

### **2.1. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ (ПДК) В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ**

Основой законодательства об охране атмосферного воздуха являются ПДК вредных веществ, количественно характеризующие такое содержание вредных веществ в атмосферном воздухе, при котором на человека и окружающую среду еще не оказывается ни прямого, ни косвенного вредных воздействий.

Прямым воздействием считают временное раздражение, а также патологические изменения организма в результате накопления в нем вредных веществ выше определенной дозы.

Под косвенным воздействием имеются в виду такие изменения в окружающей среде, которые, не оказывая вредного влияния на организм,

ухудшают обычные условия обитания (например, увеличивают число туманных дней, поражают зеленые насаждения и т. п.).

ПДК – *максимальная концентрация примесей в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни не оказывает вредного воздействия на человека, включая отдаленные последствия, а также на окружающую среду.*

Эта величина обоснована клиническими и санитарно-гигиеническими исследованиями и носит законодательный характер.

ПДК определяются по результатам изучения влияния веществ на человеческий организм. Испытания проводят на животных, а также в отдельных случаях на людях (например, для обнаружения порога восприятия запаха).

Пороговая концентрация устанавливается на основе реакции у наиболее восприимчивых людей. Нормативные величины ПДК устанавливаются по отношению к пороговым величинам обычно с двукратным запасом, поэтому двойное превышение санитарных норм приземных концентраций, как правило, не увеличивает число заболеваний населения. В отдельных случаях для особо опасных веществ ПДК устанавливаются с большим запасом по отношению к выявленной пороговой величине влияния на организм. Так, при установлении ПДК для бенз(а)пирена – канцерогена – принят десятикратный запас.

ПДК не являются международным стандартом и могут несколько различаться в разных странах, что зависит от методов определения и спецификации. В РФ, как правило, ПДК соответствуют самым низким значениям, которые рекомендованы ВОЗ.

Для тех веществ, которые оказывают немедленное, но временное раздражающее действие (*рефлекторное* – воздействие на органы чувств), устанавливают максимальные разовые предельно допустимые концентрации (ПДК<sub>м.р</sub>) за 20-минутный период.

Для веществ, накопление которых в организме вредно (т.е. вещества общетоксического (*резорбтивного*) действия), устанавливают среднесуточные предельно допустимые концентрации (ПДК<sub>с.с.</sub>).

Для веществ с немедленным раздражающим действием, а также вызывающих патологические изменения при накоплении в организме, устанавливают ПДК<sub>м.р.</sub> и ПДК<sub>с.с.</sub>. При этом, если порог разового (раздражающего) воздействия вещества на организм больше порога токсического (среднесуточного) воздействия, то для вещества устанавливаются различные величины ПДК<sub>м.р.</sub> и ПДК<sub>с.с.</sub>. Например, для оксида углерода ПДК<sub>м.р.</sub> = 5 мг/м<sup>3</sup>, а ПДК<sub>с.с.</sub> = 3 мг/м<sup>3</sup>.

При проектировании предприятий в районах, где атмосферный воздух уже загрязнен выбросами от других, ранее построенных предприятий, необходимо нормировать их выбросы с учетом уже присутствующих в воздухе примесей. Их содержание рассматривается в качестве фоновой концентрации. Тогда должно удовлетворяться требование:

$$c \leq ПДК - c_{\phi},$$

где  $c$  – концентрация вредного вещества;

$c_{\phi}$  – фоновая концентрация этого вредного вещества в атмосферном воздухе населенного пункта.

Нормативы ПДК являются едиными для всей территории РФ. Предельно допустимые концентрации установлены и для атмосферного воздуха жилых районов. В необходимых случаях для отдельных районов устанавливаются *более строгие нормативы* ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. В частности, более строгие нормативы установлены для отдельных заповедных зон. Для зон санитарной охраны курортов, мест размещения крупных санаториев и домов отдыха, а также зон отдыха ПДК установлена на 20 % меньше, чем для жилых районов.

Для территории заводских площадок ПДК не разрабатывались, но в соответствии с СП 2.2.1.1312-03 [2] в местах воздухозаборов концентрации вредных веществ не должны превышать 30 % ПДК<sub>р.з.</sub> (рабочей зоны).

Поскольку воздух в большинство помещений поступает через окна и другие аэрационные проемы, эта величина условно принимается в качестве ПДК для заводской территории (промплощадки – ПДК<sub>пт</sub>).

Несмотря на то, что действующий перечень ПДК постоянно дополняется, в отдельных случаях при составлении проектной документации требуется разрабатывать нормативы ПДВ по загрязняющим веществам, не включенным в перечень ПДК. В таких случаях в соответствии с санитарными нормами санитарно-гигиенические институты Минздрава РФ по договору с заказчиком разрабатывают для рассматриваемого вещества временный ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ), который определяется расчетным путем по эмпирическим зависимостям и проверяется на веществах с похожими свойствами, для которых ПДК уже установлены. ОБУВ устанавливаются сроком на три года.

## 2.2. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Принято раздельное нормирование загрязняющих веществ: в воздухе рабочей зоны (ПДК<sub>р.з</sub>) и в атмосферном воздухе (ПДК<sub>а.в</sub>) населенных мест. ПДК<sub>р.з</sub>, как правило, значительно больше, чем ПДК для населенных мест, так как на предприятии люди проводят только часть суток и, кроме того, там не могут находиться дети и пожилые люди с ослабленным организмом. Критерии к чистоте воздуха для рабочей зоны менее жесткие из-за разных требований, предъявляемых к качеству воздуха. Например, в жилом районе не допускается ощущение посторонних запахов во избежание дискомфорта, а в рабочей зоне требуется не нанести ущерб здоровью за время пребывания трудящихся на работе. Так, ПДК по сероводороду для жилых районов составляет 0,008 мг/м<sup>3</sup>, а для рабочей зоны ПДК<sub>H<sub>2</sub>S</sub> = 10 мг/м<sup>3</sup> (при такой концентрации запах ощущается, но вреда организму не наносится).

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны ПДК<sub>р.з</sub> – такая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или

другой продолжительности, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызывать заболевания или изменения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки настоящего и последующих поколений.

### Виды ПДК

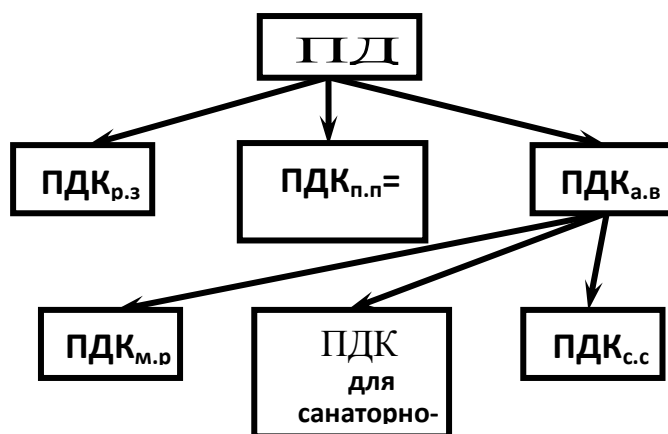


Рис. 3. Раздельное нормирование загрязнений

## 2.3. КОМБИНИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

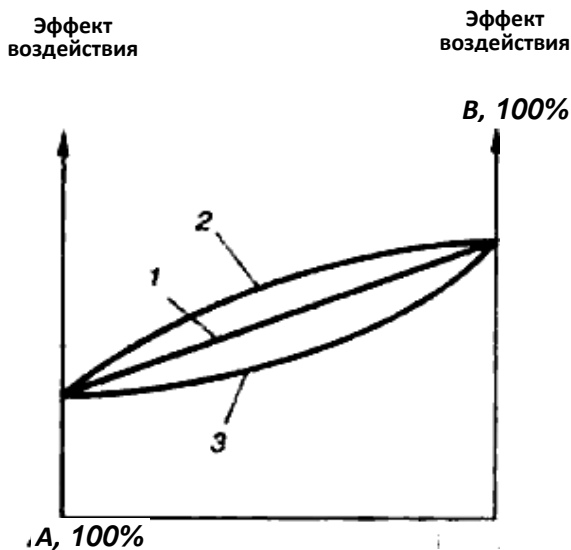


Рис. 4. Характеристики эффекта воздействия вредного вещества на организм человека

В производственных условиях работа проводится, как правило, с несколькими химическими веществами, которые могут оказывать комбинированное воздействие на организм человека.

Различают три возможных эффекта (рис. 17) комбинированного воздействия:

1 – **суммация** (аддитивность) – явление суммирования эффектов, индуцированных комбинированным действием;

2 – **потенцирование** (синергизм) – усиление эффекта воздействия (эффект, превышающий суммацию);

3 – **антагонизм** – эффект комбинированного воздействия меньше ожидаемого при суммации.

Нормирование комбинированного действия для случая аддитивности:

$$\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1 .$$

При потенцировании и антагонизме пользуются формулой, учитывающей усиление (ослабление):

$$\sum_{i=1}^n \frac{c_i X_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1 ,$$

где  $X_i$  – поправка, учитывающая эффект;

$c_i$  – фактические концентрации химических веществ в воздухе рабочей зоны;

$\text{ПДК}_i$  – предельно допустимые концентрации для этих веществ в воздухе рабочей зоны.

## 2.4. КЛАССИФИКАЦИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПО СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ

Согласно ГОСТ 12.1.007–76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» [5] по степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности (табл. 3):

- 1) чрезвычайно опасные;
- 2) высоко опасные;
- 3) умеренно опасные;
- 4) малоопасные.

Таблица 3

Классы опасности вредных веществ

Наименование показателей	Классы опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	< 0,1	0,1...1,0	1,0... 10,0	> 10,0

## 2.5. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ КАК КРИТЕРИИ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ИСТОЧНИКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СРЕДУ ОБИТАНИЯ

Вся сфера экологического нормирования и стандартизации, связанная с техногенным загрязнением среды, опирается на гигиенические нормы и использует установленные предельно допустимые концентрации (ПДК). На основании величин ПДК с помощью специальных программ вычисляются значения предельно допустимых эмиссий — предельно допустимые выбросы в атмосферу (ПДВ), предельно допустимый сброс в водоемы (ПДС) тех или иных веществ, выделяемых конкретными источниками (предприятиями) данной территории. При этом учитываются характеристики источников и условия распространения эмиссий.

Предприятия, независимо от времени ввода их в эксплуатацию, должны быть оснащены сооружениями, оборудованием и аппаратурой для очистки выбросов в атмосферу и средствами контроля за количеством и составом выбрасываемых загрязняющих веществ. При невозможности уменьшения выбросов до установленных нормативов соответствующие предприятия, сооружения и иные объекты закрываются или их профиль подлежит изменению.

При особо неблагоприятных метеорологических условиях (НМУ), способствующих накоплению выбросов в нижних слоях атмосферы, угрожающих здоровью людей, предприятия обязаны перейти на режим с уменьшенным количеством выбросов или в необходимых случаях полностью прекратить работу.

По инструкции Госкомгидромета ОНД-86 [1] не допускается увеличение выбросов тех загрязняющих веществ (по сравнению с существующими или согласованными в предпроектной документации объемами), ПДК которых в атмосферном воздухе превышает в зоне действия выбросов рассматриваемого предприятия.

Основным средством для соблюдения ПДК для населённых мест является установление для каждого стационарного источника нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ).

Нормативы ПДВ загрязняющих веществ в атмосферу определяются с учётом выбросов загрязняющих веществ от всех других источников в данном районе и перспектив развития этих предприятий.

ПДВ устанавливаются в зависимости от местоположения источника выбросов по отношению к жилым районам, условий рассеивания загрязняющих веществ в географическом районе, температуры окружающего воздуха, рельефа местности, условий поступления газов в атмосферу (высота и диаметр трубы, температура и объем газов) и других факторов.

Нормативы ПДВ устанавливаются на основании расчетов приземных концентраций на границе жилой зоны и сопоставления этих результатов с ПДК

отдельно для каждого из загрязняющих веществ, содержащегося в выбросах источников.

Нормативы ПДВ рассчитывают при наиболее неблагоприятных метеорологических условиях. Например, для того чтобы в ближайшем к заводским трубам жилом квартале города при наименее благоприятных условиях рассеяния не превышались ПДК определенных загрязнителей, нужно ограничить выброс этих веществ постоянной предельной величиной — ПДВ. Подобная ситуация схематически отображена на рисунке. ПДВ и ПДС уже непосредственно регламентируют интенсивность и качество технологических процессов, являющихся источником загрязнения, и приобретают свойство экологических нормативов. Сверхнормативные эмиссии влекут за собой экономические и административные санкции.

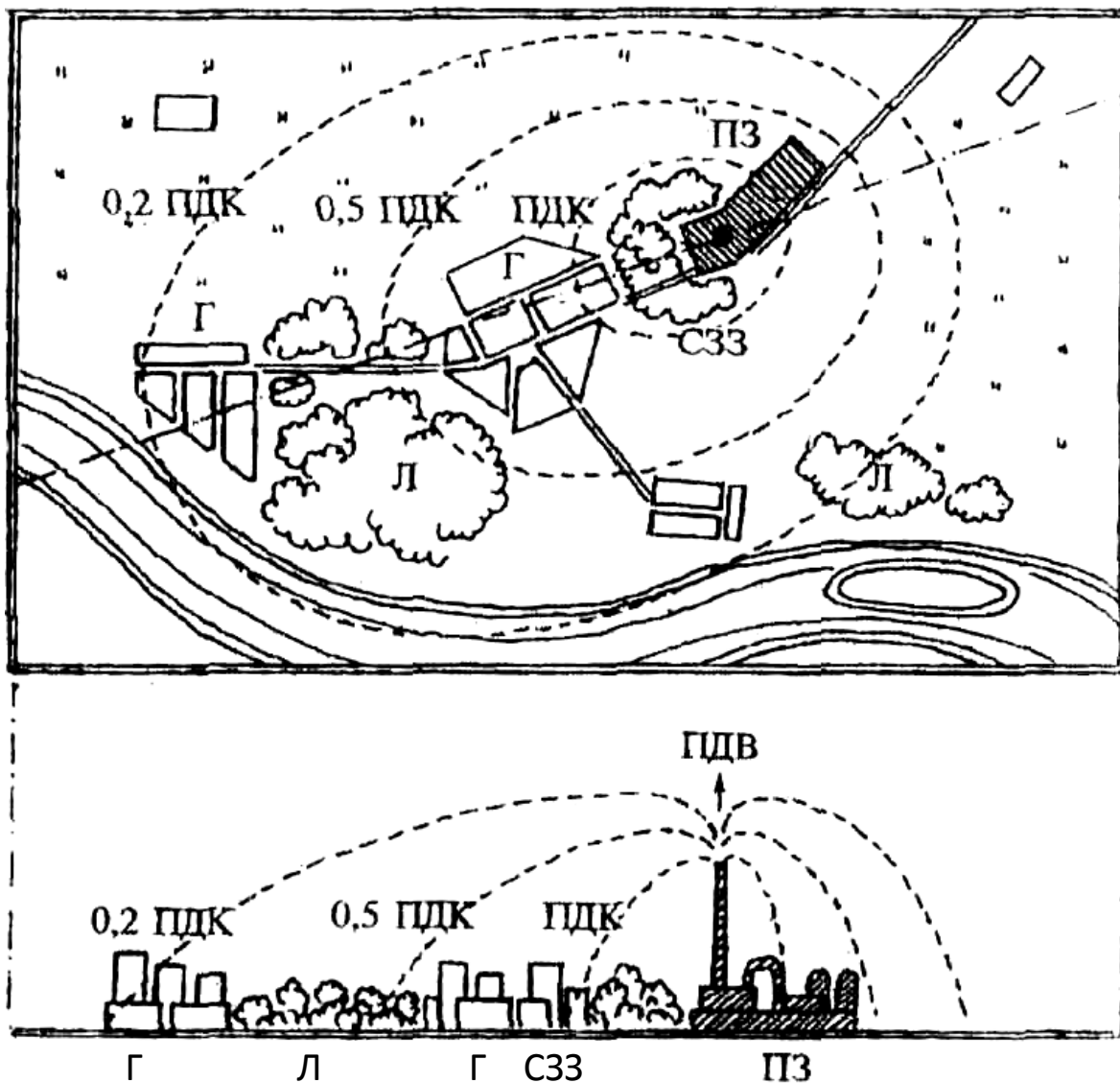


Схема зоны загрязнения в районе мощного промышленного источника [1]:

**а** а – план-схема территории; **б** – профиль территории по линии АБ; **Б**  
**ПЗ** – промышленная зона с источником выбросов; **Г** – районы города;  
**Л** – лесопарковые насаждения; **СЗЗ** – санитарно-защитная зона; ----- – профили рассеяния и  
 выпадения выбросов и соответствующие изолинии концентрации загрязнителей в приземном  
 слое воздуха (отображена ситуация, когда благодаря соблюдению ПДВ в жилой зоне города  
 не превышает ПДК, установленная для населенных пунктов)

Часто бывает, однако, что предприятие по техническим причинам не может соблюдать предписанные ему ПДВ, а сокращение или остановка производства чревато экономическими и социальными коллизиями. В таких

случаях применяется практика временного согласования выбросов и стоков на уровне фактических эмиссий (ВСВ и ВСС), что по существу является отказом от нормирования и приводит к ухудшению экологической обстановки.

В тех случаях, когда количество выбросов какого-либо вещества больше норматива ПДВ, установленного для предприятия, объем выброса этого вещества принимается как временно согласованный выброс (ВСВ). Допустимость такого выброса согласовывается с органами Госкомприроды на ограниченный период. В этом случае для достижения ПДВ предусматриваются различные мероприятия, включающие изменение технологии, сырья, топлива, систем очистки газов, высоты выброса и т.п.

Осуществление мероприятий, необходимых для достижения ПДВ, требует значительных капиталовложений. Поэтому величины ВСВ устанавливаются на период, пока эти мероприятия не будут осуществлены.

## 2.6. САНИТАРНО - ЗАЩИТНЫЕ ЗОНЫ (СЗЗ)

Санитарно-защитная зона – обязательный элемент любого объекта, который является источником воздействия на среду обитания и здоровье человека. Санитарно-защитная зона утверждается в установленном порядке в соответствии с Федеральным законом N 7-ФЗ Российской Федерации «Об охране окружающей среды» при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии санитарным нормам и правилам.

Ширина санитарно-защитной зоны устанавливается с учетом санитарной классификации, результатов расчетов ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха и уровней физических воздействий, а для действующих предприятий – и натурных исследований.

Территория санитарно-защитной зоны предназначена:

– для обеспечения снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов по всем факторам воздействия за ее пределами;

- создания санитарно-защитного барьера между территорией предприятия и территорией жилой застройки;
- организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха и повышение комфортности микроклимата.

Размер СЗЗ устанавливается в зависимости от класса предприятия в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». Ниже приведены санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, а именно:

Класс предприятия	I	II	III	IV	V
Размер СЗЗ, м	1000	500	300	100	50

Например, для мощных ТЭС, работающих на угле и мазуте (I класс), размер СЗЗ устанавливается 1000 м, для районной котельной на газовом топливе (V класс) – 50 м.

## 2.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Удельные нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ установлены Постановлением правительства Российской Федерации от 12 июня 2003 года N 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления» [6].

Удельный норматив платы за выбросы загрязняющих веществ установлен:

- за выбросы в пределах допустимых загрязнений (ПДВ);
- в пределах установленных лимитов (ВСВ);
- сверх установленных лимитов.

Фактический размер платы будет равняться сумме платы за выброс (сброс) в пределах установленного норматива и за превышение установленного норматива.

В случае отсутствия у природопользователя оформленного в установленном порядке разрешения на выброс загрязняющих веществ вся масса загрязняющих веществ учитывается как сверхлимитная.

Плата за допустимые выбросы учитывается в себестоимости продукции, а за сверхдопустимые и штрафы - за счет прибыли.

### 3. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

#### 3.1. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА НОРМАТИВОВ ПДВ

Задание. Разработать проект нормативов предельно допустимых выбросов для веществ, приведенных в табл. 3.1. Номер Вашего варианта задания равен Вашему номеру в списке Вашей группы для номеров от 1 до 12. Для номеров N списка группы от 13 до 24 номер Вашего варианта равен N-12. Для номеров N списка группы от 25 до 30 номер Вашего варианта равен N-24.

В табл. 3.2 приведены исходные данные, необходимые для расчёта приземных концентраций загрязняющих веществ.

## Варианты заданий для разработки проекта нормативов ПДВ

№ п/п	Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>		Класс опас- ности	Количество выбрасываемого вещества, $M_i$ , т/год											
		Макс. разов.	Средне суточн.		Н о м е р   в а р и а н т а											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Оксид углерода	5	3	4	2,5	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	3,0	3,2	3,3	2,9	2,5	2,4
2	Диоксид серы	0,5	0,05	4	9,3	10,3	8,5	10,3	12,3	11,2	10,2	10,1	10	8	9	8,3
3	Соли никеля	0,002	0,001	1	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,14	0,13	0,75	0,81	0,32	0,18	0,35
4	Стирол	0,04	0,002	3	2,89	3,9	2,19	1,27	3,7	1,7	1,5	1,4	1,8	2,5	4,17	3,28
5	Сульфат натрия	0,3	0,1	4	8	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	9,6	9,6	8,7	7,2	8	7,5
6	Толуол	0,6	0,6	4	3,56	3,62	3,60	4,12	2,87	3,52	3,33	3,56	3,06	2,95	3,24	3,17
7	Медь	0,003	0,001	2	0,08	0,06	0,07	0,09	1,0	0,18	0,12	0,16	0,14	0,15	0,11	0,13
8	Поташ	0,1	0,05	3	1,92	–	–	–	1,02	–	–	–	–	–	–	–
9	Фенол	0,01	0,003	2	1,7	0,93	–	0,026	0,93	–	–	–	–	–	–	–
10	Азотная кислота	0,40	0,15	2	3,33	4,33	2,63	5,3	4,3	2,8	2,3	1,03	0,3	0,25	3,3	–
11	Оксиды азота	0,2	0,04	3	–	0,4	0,3	–	–	0,33	0,4	–	0,4	0,35	0,35	–
12	Хромовый ангидрид	0,001	0,001	3	–	–	3,5	–	–	0,73	–	–	1,1	0,7	0,15	–
13	Формальдегид	0,035	0,003	1	–	–	–	2,1	–	–	–	–	–	–	–	0,05
14	Фурфурол	0,08	0,04	3	–	–	–	–	–	–	–	12,3	–	–	–	15
15	Фтористый водород	0,02	0,005	2	–	–	–	–	–	–	3,4	0,025	–	–	–	0,06

Таблица 3.2

## Исходные данные для расчета рассеивания в атмосфере вредных веществ

№ п/п.	Параметр	Обозначение	Размерность	Значение
1	Количество рабочих дней в году		день	255
2	Продолжительность односменной работы		ч	8
3	Высота источника выброса	<b><i>H</i></b>	м	12,5
4	Коэффициент, зависящий от стратификации атмосферы	<b><i>A</i></b>	-	160
5	Коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в воздухе	<b><i>F</i></b>	-	1,0
6	Коэффициент, учитывающий условия выхода газовой смеси из устья источника выброса	<b><i>n</i></b>	-	1,49
7	Коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности	<b><i>η</i></b>	-	1,0
8	Коэффициент, зависящий от скорости выхода газовой смеси	<b><i>K</i></b>	-	0,016
9	Скорость выхода газовой смеси	<b><i>ω<sub>0</sub></i></b>	м/с	14,1
10	Диаметр устья трубы	<b><i>D</i></b>	м	0,71
11	Температура газовой смеси	<b><i>T<sub>c</sub></i></b>	°C	26
13	Санитарно-защитная зона	<b><i>X</i></b>	м	500

## 3.2. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

Согласно методике ОНД-86 расчёт приземных концентраций производится только для тех выбрасываемых веществ, для которых:

$$\Phi_i = \left( \frac{M_i^*}{\text{ПДК}_i} \right) > \Phi_H, \quad (3.1)$$

где  $M_i^*$  – количество выброса  $i$ -го ингредиента, г/с;

$\Phi_H$  – критерий, определяемый по формулам

$$\Phi_H = 0,01H \text{ при } H > 10 \text{ м,} \quad (3.2)$$

$$\Phi_H = 0,1 \text{ при } H \leq 10 \text{ м,}$$

где  $H$  – высота источника выброса, м (см. табл. 3.2);

$\text{ПДК}_i$  – **максимальные разовые** предельно допустимые концентрации каждого загрязнителя (приведены в табл.3.1).

Для веществ, значение  $\Phi_i$  которых меньше  $\Phi_H$ , расчёт рассеивания **не производят**, а предельно допустимые выбросы для них устанавливаются **на уровне фактических значений выброса  $M_i$ , т/год.**

Схема расчетов и логика работы представлена на рис. 1 и 2.

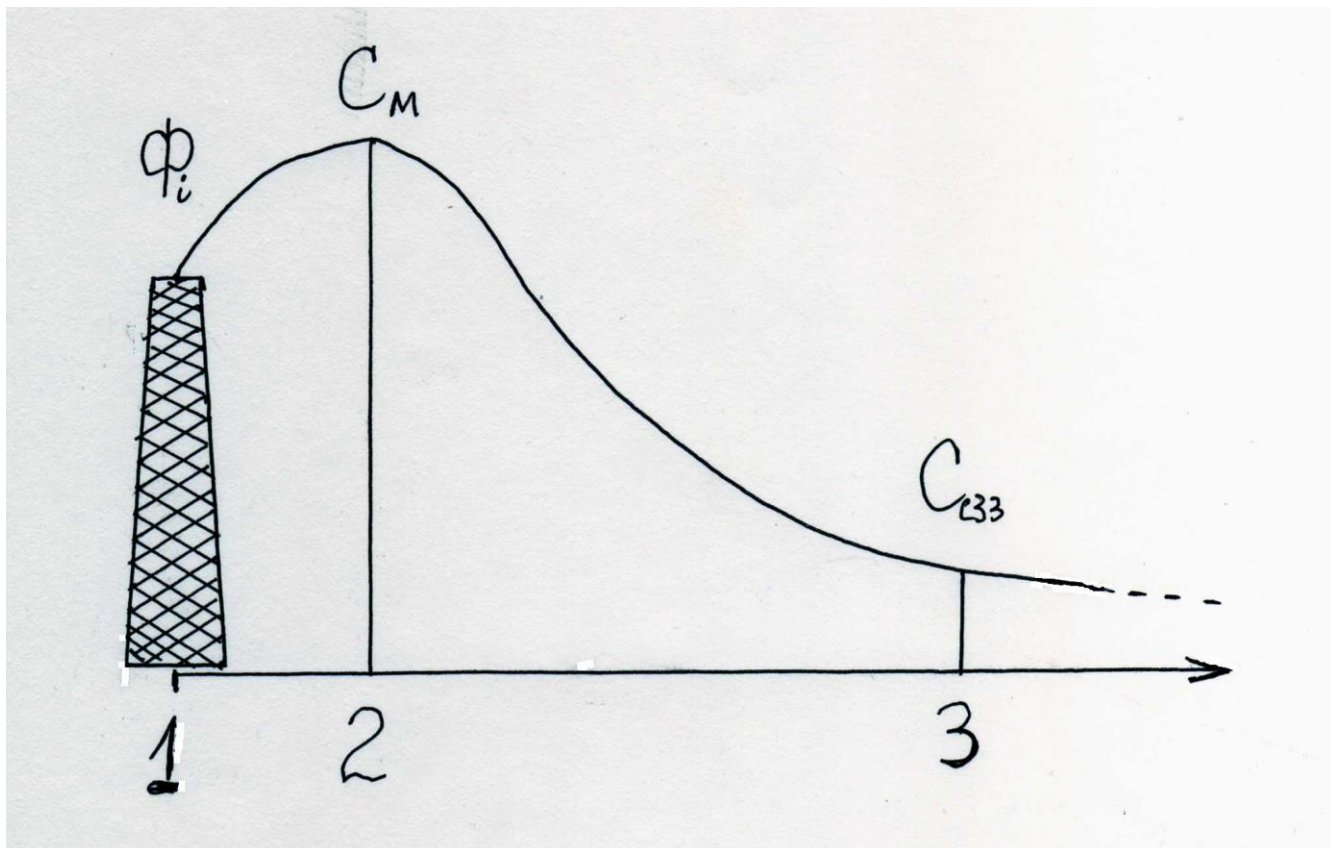


Рис. 1. Схема расчетов.

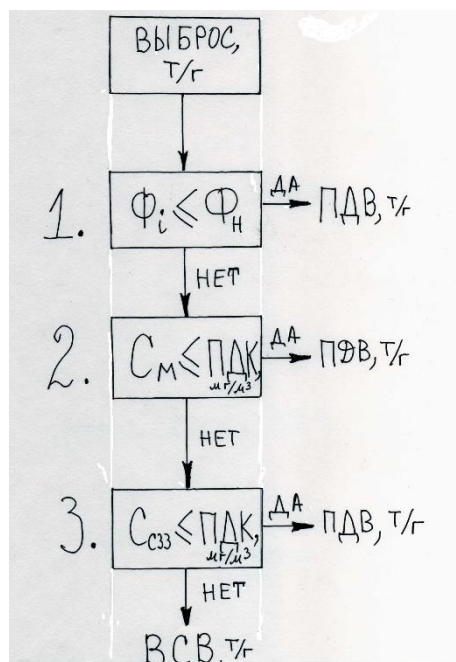


Рис. 2. Логика работы.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества  $C_m$  (мг/м) при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии  $X_m$  (м) от источника и в общем виде **определяется по формуле** (при выбросе холодной газовой смеси):

$$C_m = \frac{A \cdot M_i^* \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot K}{H^{4/3}}, \quad (3.3)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, значение которого принимается равным:

250 – для районов Средней Азии южнее  $40^\circ$  с.ш.;

200 – для европейских районов Российской Федерации южнее  $50^\circ$  с.ш.;

180 – для европейской территории России и Урала от  $50^\circ$  до  $52^\circ$  с.ш.;

160 – для европейской территории России и Урала севернее  $52^\circ$  с.ш.;

140 – для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской и

Ивановской областей; принимается по табл. (3.2)

$M_i^*$  – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, г/с;

$F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в воздухе, который принимается равным:

1 – для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т.п.), скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю;

2 – для мелкодисперсных аэрозолей (кроме указанных выше), при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 %;

2,5 – для мелкодисперсных аэрозолей (кроме указанных выше), при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов от 75 до 90 %;

3,0 – для мелкодисперсных аэрозолей (кроме указанных выше), при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки менее 75% или отсутствии очистки; принимается по табл. 3.2;

$n$  – коэффициент, учитывающий условия выхода газовойоздушной смеси из устья источника выброса (принять по табл. 3.2);

$\eta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности. В случае ровной или слабопересечённой местности с переходами высот не более 50 м на 1 км  $\eta = 1$ ;

$H$  – высота источника выброса, м (табл. 3.2);

$K$  – параметр, зависящий от скорости выхода газовойоздушной смеси (табл. 3.2).

Расстояние  $X_m$  от источников выбросов, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения  $C_m$ , определяется по формуле

$$X_m = \frac{(5 - F) \cdot d \cdot H}{4}, \quad (3.4)$$

где коэффициент  $d$  определяется по формулам

$$d = 11,4 \cdot v_m, \quad (3.5)$$

$$v_m = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 D}{H}, \quad (3.6)$$

$\omega_0$  – скорость выхода газовой смеси, м/с (табл. 3.2);

$D$  – диаметр устья источника выброса, м.

Значение приземной концентрации вредных веществ в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях  $X$  от источника выброса определяется по формуле

$$C = S \cdot C_m, \quad (3.7)$$

где  $S$  – безразмерный коэффициент, определяемый по формуле

$$S = \frac{1,13}{0,13 \cdot (X/X_m)^2 + 1}. \quad (3.8)$$

В качестве  $X$  принять размер санитарно-защитной зоны (СЗЗ), равный 500 м (см. табл. 3.2).

**Расчёт  $C$  производить только для веществ, у которых значение  $C_m$  на расстоянии  $X_m$  превышает ПДК (Согласно методике ОНД-86 выбирается максимальная разовая предельно допустимая концентрация).**

Результаты расчетов представить в сводной табл. 3.3.

1. Для веществ, у которых  $\Phi_i \leq \Phi_H$ , предельно допустимые выбросы устанавливаются на уровне фактических значений выбросов  $M_i$  т/год.

2. Для веществ, у которых  $C_m \leq \text{ПДК}$ , ПДВ также принимаются равными фактическим значениям выбросов.

3. Для веществ, у которых концентрация на границе СЗЗ не превышает ПДК, ПДВ также принимаются на уровне фактических значений выбросов.

4. Если концентрация на границе СЗЗ  $C > \text{ПДК}$ , то для этих веществ устанавливается **временно согласованный выброс (ВСВ)**, равный **фактическому значению выброса**; ПДВ в этом случае вычисляется по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{M_i}{k}, \text{ где } k = \frac{C}{\text{ПДК}}.$$

## Нормативы ПДВ (ВСВ) для веществ, выбрасываемых в атмосферу

Студент \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ Номер варианта \_\_\_\_\_  
 Фамилия

№ П/П	Вещество	ПДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Количество выбрасываемого вещества		$\Phi_i$	$C_m$ , мг/м <sup>3</sup>	$C$ , мг/м <sup>3</sup>	ПДВ, т/год	ВСВ, т/год
				$M_i$ , т/год	$M_i^*$ , г/с					
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Примечания:

1. перевод значений  $M_i$ , т/год в  $M_i$ , г/с проводить с учетом величин п.п. 1 и 2 табл. 3.2;
  2. в формулах  $C_m$  и  $C$  использовать  $M_i$ , г/с;
  3. значения  $\Phi_i$ ,  $C_m$ ,  $C$  и ПДВ округлять до второго знака после запятой или до первой значащей цифры.
- Проанализировать полученные данные и дать рекомендации по нормативам ПДВ (ВСВ).

### 3.3. РАСЧЕТ УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Удельные нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ установлены постановлением правительства Российской Федерации от 12 июня 2003 года N 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления» [6]. В этом постановлении приводятся значения коэффициентов, учитывающих экологические факторы (состояние атмосферного воздуха и почвы), по территориям экономических районов Российской Федерации.

При установлении нормативов платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными источниками в соответствии с [6] используются:

- $k_1$  – коэффициент, учитывающий состояние атмосферного воздуха по территории Уральского экономического района,  $k_1 = 2$ ;
- $k_2$  – дополнительный коэффициент при выбросе загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов,  $k_2 = 1,2$ .

При установлении нормативов платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ сверх установленных лимитов к нормативам платы в пределах, установленных лимитов используется дополнительный **пятикратный** повышающий коэффициент.

В случае отсутствия у природопользователя оформленного в установленном порядке разрешения на выброс загрязняющих веществ вся масса загрязняющих веществ учитывается как сверхлимитная.

Указанные базовые нормативы ежегодно умножаются на **коэффициенты индексации**  $k_n$  с учетом индексации.

**Нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными источниками [9]  
(рублей)**

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ	Нормативы платы за выброс одной тонны загрязняющих веществ в атмосферный воздух	
		В пределах установленных допустимых нормативов выбросов	В пределах установленных лимитов выбросов
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	Азота диоксид	52	260
	Азотная кислота	13,7	68,5
	Медь	1025	5125
	Натрия сульфат	205	1025
	Никеля соли	10249	51245
	Поташ	21	105
	Серы диоксид	40	200
	Стирол	1025	5125
	Толуол	3,7	18,5
	Углерода оксид	0,6	3
	Фенол	683	3415
	Формальдегид	683	3415
	Фтористый водород	410	2050
	Фурфурол	41	205
	Хромовый ангидрид	1366	6830

### 3.4. РАСЧЕТ ПЛАТЫ ЗА ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Задание. Определить размер платы за выбросы на основании результатов выполненного расчета нормативов ПДВ (ВСВ) и нормативов платежей за выбросы, установленных [9] (табл. 3.4).

1. Определить размер платы за выбросы в пределах допустимых загрязнений (ПДВ) по формуле

$$Q_1 = \text{ПДВ}_i \cdot p \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (3.9)$$

где  $p$  – норматив платы за допустимые выбросы загрязняющих веществ, руб./т (табл. 3.4);

$k_1$  – коэффициент, учитывающий состояние атмосферного воздуха по территории Уральского экономического района,  $k_1 = 2$ ;

$k_2$  – дополнительный коэффициент при выбросе загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов,  $k_2 = 1,2$ .

2. Для тех загрязнителей, для которых установлены временно согласованные выбросы (ВСВ), определить размер платы за выбросы в пределах установленных лимитов по формуле

$$Q_2 = (\text{ВСВ}_i - \text{ПДВ}_i) \cdot p' \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (3.10)$$

где  $p'$  – норматив платы за выбросы в пределах установленных лимитов (ВСВ), руб./ т (табл. 3.4).

3. Определить суммарное значение платы за выбросы и проиндексировать полученный результат с учетом индексации: (умножить на  $k_{и}=4$ ).

4. Результаты представить в виде табл.3.5.

Таблица 3.5

## Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

Студент \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ Номер варианта \_\_\_\_\_  
 Фамилия

№ п/п	Загрязняющее вещество	Масса выброса, т/год		Значение коэффициента	Плата за загрязнение природной среды, руб.			
		в пределах допустимых загрязнений (ПДВ)	в пределах установленных лимитов (ВСВ – ПДВ)		в пределах допустимых загрязнений		в пределах установленных лимитов	
					норматив, руб./т	плата, руб.	норматив, руб./т	плата, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	
1				$k_1 = 2; k_2 = 1,2; k_n = 4$				
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
<b>ИТОГО</b> за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу								

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе должен содержать заполненные табл. 3.3 и 3.5, а также выводы и рекомендации относительно повышения экологической безопасности предприятия и письменный ответ на один контрольный вопрос, номер которого равен номеру Вашего варианта.

### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте понятие предельно допустимой концентрации (ПДК).
2. В чем различие между  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$  и  $\text{ПДК}_{\text{с.с}}$ ?
3. Поясните смысл неравенства  $c \leq \text{ПДК} - c_{\text{ф}}$ .
4. Что такое ОБУВ?
5. Дайте определение ПДК в воздухе рабочей зоны. Почему ПДК в воздухе рабочей зоны больше, чем ПДК для населенных мест?
6. Какие установлены классы вредных веществ по степени воздействия на организм?
7. С какой целью и каким образом устанавливаются предельно допустимые выбросы (сбросы) для предприятий?
8. Что такое временно согласованный выброс (сброс), в каких случаях они устанавливаются?
9. Для чего предназначена санитарно-защитная зона и как определить ее размер?
10. Как определяется размер платы за загрязнение окружающей среды?
11. Что учитывает коэффициент индексации  $k_{\text{н}}$ ?
12. Перечислите возможные мероприятия, реализация которых на предприятии может привести к снижению выбросов вредных веществ в атмосферу.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 94 с.
2. СП 2.2.1.1312-03. Санитарно-эпидемиологические правила. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий
3. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в атмосферном воздухе. Утв. Госкомсанэпиднадзором России. М., 2003. 128 с.
4. ГН 2.1.6.1339-03. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в атмосферном воздухе: Утв. Госкомсанэпиднадзором России. М., 2003. 128 с.
5. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация. М.: Изд-во стандартов, 1983. 8 с.
6. Постановление правительства Российской Федерации от 12 июня 2003 года № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления». Сборник законодательства Российской Федерации, №25, 23.06.2003.
7. Рекомендации по оформлению и содержанию проекта нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ) для предприятия. Новосибирск, 1987. 43 с.

# **Практическая работа № 6. РАСЧЕТ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

## **ВВЕДЕНИЕ**

В условиях современных производств в воздушную среду цехов, производственных помещений выделяются значительные количества различных загрязняющих веществ в виде аэрозолей, паров, газовых примесей. Номенклатура этих веществ с каждым годом расширяется. Достаточно сказать, что в основном нормативном документе, регламентирующем величины ПДК (предельно допустимых концентраций) в воздухе рабочих помещений (ГОСТ 12.1.005-88), содержится более 1300 наименований веществ. Такие выделения ухудшают качество воздуха и оказывают вредное воздействие на жизнедеятельность человека.

Основным способом поддержания требуемой чистоты воздуха в производственных помещениях и необходимых параметров микроклимата является вентиляция. Если есть возможность локализовать источники выделения вредных соединений с помощью различного рода устройств (вытяжной зонт, вытяжной шкаф, бортовой отсос и т.п.), применяется местная вентиляция, которая позволяет локализовать распространение вредных веществ, не позволяя им распространиться по всему помещению.

В случае если вредные вещества выделяются в разных местах рабочего помещения, цеха, в сравнительно малых количествах, применяют общеобменную вентиляцию. При такой вентиляции обеспечивается поддержание необходимых параметров воздушной среды во всем объеме помещения.

В производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление в воздух рабочей зоны большого количества вредных веществ, наряду с общеобменной предусматривается устройство аварийной вентиляции.

При расчете общеобменной вентиляции искомое количество (объем) приточного воздуха при наличии в воздушной среде паров или газов при

установившемся режиме воздухообмена определяется из баланса поступающих в помещение и удаляемых из него вредных веществ:

$$G + L_{np.} \cdot q_{np.} = L_{yd} \cdot q_{yd} \quad (1)$$

где  $G$  – количество поступающих вредных веществ, мг/ч;

$L_{np.}, L_{yd.}$  – количество приточного или удаляемого воздуха, соответственно, м<sup>3</sup>/ч;

$q_{np.}, q_{yd.}$  – концентрация вредных веществ в приточном и удаляемом воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

Исходя из условия неразрывности очевидно, что количество приточного воздуха  $L_{np.}$  должно быть равно количеству удаляемого  $L_{yd.}$ . Тогда искомое количество воздуха для разбавления вредных веществ до санитарных норм (ПДК) находится по формуле:

$$L_{np.} = \frac{G}{q_{yd.} - q_{np.}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2)$$

Чтобы не было нарушения санитарных норм, концентрация  $q_{yd}$  не должна превышать предельно допустимую концентрацию, т.е.  $q_{yd} \leq q_{пдк}$ . В расчетах принимаем  $q_{yd}$  равным 1,0 ПДК. Концентрация  $q_{np.}$  должна быть по возможности минимальной (по санитарным нормам  $q_{np.} \leq 0,3$  ПДК), в расчетах принимаем  $q_{np.} = 0,3$  ПДК.

При одновременном выделении в воздух рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия, близких по химическому строению и характеру биологического воздействия на организм человека (табл. 1), расчет общеобменной вентиляции выполняется путем суммирования количеств воздуха, необходимых для разбавления каждого веществ действия до его предельно допустимой концентрации. При этом должно выполняться условие:

$$\frac{q_1}{ПДК_1} + \frac{q_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{q_n}{ПДК_n} \leq 1, \quad (3)$$

где  $q_1, q_2, \dots, q_n$  – фактические концентрации вредных веществ в воздухе;

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$  – предельно допустимые концентрации этих веществ в воздухе.

При одновременном выделении в воздух рабочей зоны нескольких вредных веществ, не обладающих однонаправленным действием, количество воздуха допускается принимать по тому вредному веществу, для которого требуется подача чистого воздуха в наибольшем количестве.

Для ориентировочных расчетов, особенно при разработке новых технологических процессов, когда неизвестно точное количество и виды выделяющихся вредных веществ, расчет необходимого количества воздуха принимают по кратности воздухообмена

$$L_{np} = K_p \times V \quad (4)$$

где  $K_p$  – кратность воздухообмена;

$V$  – объем помещения,  $м^3$ .

Кратность воздухообмена показывает, сколько раз в течение часа меняется воздух в помещении.

Величина  $K_p$  обычно составляет 1 – 10. Большие величины (более 6) принимают для помещений небольшого объема.

Общеобменная вентиляция может быть использована и для удаления избыточной явной теплоты.

Явная теплота – теплота, поступающая в рабочее помещение от оборудования, отопительных приборов, нагретых материалов и других источников тепла.

Величину избытка явной теплоты  $Q_{изб}$  определяют на основании баланса теплоты в помещении по формуле

$$Q_{изб} = \Sigma Q - \Sigma Q_{ух}, \quad (5)$$

где  $\Sigma Q$  – суммарное количество выделяемой в помещении явной теплоты;

$\Sigma Q_{ух}$  – суммарное количество уходящей из помещения теплоты (за счет потерь теплоты ограждениями, нагрева поступающих в помещение материалов, воздуха и т.п.).

При выделении избыточной явной теплоты объем подаваемого в помещение воздуха, необходимого для удаления избыточного тепла и поддержания в помещении требуемой температуры, регламентируемой ГОСТ 12.1.005-88, определяют по формуле:

$$L_{np.} = \frac{Q_{изб.}}{C_p \rho (t_{уд.} - t_{np.})}, \quad (6)$$

где:  $Q_{изб.}$  – избыточное тепло, ккал/ч;

$C_p$  – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, равная 0,241 ккал/кг×град;

$\rho$  – плотность воздуха в зависимости от давления и температуры приточного воздуха, кг/м<sup>3</sup> (определяется по таблице 2);

$t_{уд.}$  – температура удаляемого воздуха, °С (определяется по формуле 7);

$t_{np.}$  – температура воздуха, подаваемого в помещение, °С (принимается по таблице 4 в соответствии с вариантом).

Таблица 1

Примеры сочетания веществ однонаправленного действия (по Р 2.2.2006 – 05)	
1.	Фтористый водород и соли фтороводородной кислоты,
2.	Сернистый и серный ангидриды,
3.	Формальдегид и соляная кислота,
4.	Различные хлорированные углеводороды,
5.	Различные бромированные углеводороды,
6.	Различные спирты,
7.	Различные кислоты,
8.	Различные щелочи,
9.	Различные ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол),
10.	Различные аминосоединения,
11.	Различные нитросоединения
12.	Амино- и нитросоединения,
13.	Тиофос и карбофос,
14.	Сероводород и сероуглерод,
15.	Оксид углерода и аминосоединения,
16.	Оксид углерода и нитросоединения,
17.	Бромистый метил и сероуглерод.

Температуру воздуха, удаляемого из помещения, определяют по формуле:

$$t_{уд.} = t_{р.з.} + \Delta t(H-2), \quad (7)$$

где:  $t_{р.з.}$  – температура в рабочей зоне, которая не должна превышать допустимую по нормам (смотри в разделе «Содержание работы»);

$\Delta t$  – температурный градиент по высоте помещения,  $\Delta t = 0,5 - 1,5$  °С/м (смотри в разделе «Содержание работы»);

$H$  – расстояние от пола до центра вытяжных проемов  $H = 5$ м;

$2$  – высота рабочей зоны, м.

Температура приточного воздуха и давление приведены в табл. 4.

Зависимость плотности воздуха от давления и температуры представлена в табл. 2.

Таблица 2

Плотность воздуха  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) в зависимости от давления и температуры

t, °С	P, кПа								
	96	97	98	99	100	101	101,3	102	103
10	1,181	1,193	1,206	1,218	1,230	1,243	1,247	1,255	1,267
12	1,173	1,185	1,197	1,210	1,222	1,234	1,238	1,246	1,258
14	1,165	1,177	1,189	1,201	1,213	1,225	1,229	1,238	1,250
16	1,157	1,169	1,181	1,193	1,205	1,217	1,221	1,229	1,241
18	1,149	1,161	1,173	1,185	1,200	1,209	1,212	1,221	1,232
20	1,141	1,153	1,165	1,177	1,188	1,200	1,204	1,212	1,224
22	1,133	1,145	1,157	1,169	1,180	1,192	1,196	1,204	1,216
24	1,126	1,137	1,149	1,161	1,172	1,184	1,188	1,196	1,208
26	1,118	1,130	1,141	1,153	1,165	1,176	1,180	1,188	1,200
28	1,111	1,122	1,134	1,145	1,157	1,168	1,172	1,180	1,192
30	1,103	1,115	1,126	1,138	1,149	1,161	1,164	1,172	1,184

При выделении влаги количество приточного воздуха определяют по формуле:

$$L_{np.} = \frac{G_{вл.}}{\rho_{np.} (d_{уд.} - d_{np.})}, \quad (8)$$

где  $G_{вл.}$  – масса водяных паров, выделяющихся в помещении, г/ч;

$\rho_{np.}$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$d_{уд.}$  – содержание влаги в воздухе, удаляемом из помещения, г/кг;

$d_{np.}$  – содержание влаги в приточном воздухе, г/кг.

Санитарными нормами не предусматривается допустимое влагосодержание, а указывается только относительная влажность воздуха и температура помещения, на основании которых и определяют  $d_{уд.}$  с помощью  $i - d$  диаграммы.

При одновременном выделении в помещении вредных веществ, теплоты и влаги принимают наибольшее количество воздуха, полученное в расчетах для каждого вида производственных выделений.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Определить требуемый воздухообмен и его кратность для веществ, приведенных в табл. 4, в помещении длиной 200 м, шириной 6 м и высотой 6 м, в котором выполняется **тяжелая физическая работа** в теплый период года. В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 допустимая температура в рабочей зоне ( $t_{р.з.}$ ) на постоянных рабочих местах должна быть не более **26 °С** (в расчетах принять 26 °С). Отсос воздуха осуществляется в верхней зоне помещения. Температурный градиент по высоте здания составляет 1,0 °С/м. Исходные данные по ПДК приведены в табл. 3.

Проанализировать полученные данные и сделать соответствующие выводы (требуемый воздухообмен и его кратность, особенности состава воздушной среды).

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с методикой расчета общеобменной вентиляции при одновременном выделении в помещении вредных веществ и теплоты.

2. Номер Вашего варианта задания равен Вашему номеру в списке Вашей группы для номеров от 1 до 12. Для номеров N списка группы от 13 до 24 номер Вашего варианта равен N-12. Для номеров N списка группы от 25 до 36 номер Вашего варианта равен N-24 (таблица № 4). Выписать из таблицы 4 исходные данные согласно Вашему варианту и занести их в таблицу 5.

3. Выбрать предельно допустимые концентрации (ПДК) и особенности действия на организм человека для загрязняющих веществ из таблицы 3, занести их в таблицу 5 и учитывать их при расчете общеобменной вентиляции.

4. Определить количество приточного воздуха, необходимое для разбавления вредных веществ до санитарных норм (ПДК). Для расчета использовать формулу (2). Результаты расчета занести в таблицу 5.

5. Выбрать из таблицы 1 вещества одностороннего действия и отметить их в соответствующей графе таблицы 5 звездочкой.

6. Вычислить количество подаваемого в помещение воздуха, необходимого для удаления избыточного тепла и поддержания в помещении требуемой температуры. Для расчета использовать формулу (6). Результаты расчета занести в таблицу 5.

7. Определить суммарное итоговое количество приточного воздуха  $L_{\text{пр.итог}}$  из таблицы 5 при одновременном выделении в помещение явного тепла и вредных веществ (в том числе и одностороннего действия) и округлить его до целого значения.

8. Рассчитать кратность воздухообмена  $K_p$  по формуле (4), приняв  $L_{\text{пр}} = L_{\text{пр.итог}}$ , а объём помещения определить по данным, приведенным в разделе «Содержание работы», округлить его до целого числа.

## ФОРМА ИТОГОВОГО ОТЧЕТА:

### А) Общие сведения (титульный лист):

- номер и название работы;
- номер Вашего варианта;
- Ф. И.О. студента;
- номер группы;
- дата выполнения работы;
- Ф. И.О. преподавателя.

### Б) Содержание отчета:

- кратко описать цель работы;
- привести формулы для расчетов;
- результаты расчетов внести в итоговую таблицу 5.

### В) Рассчитать кратность воздухообмена по формуле (4) с учетом пункта 8 порядка выполнения работы и округлить ее по законам математики до целого числа:

$$K_p = \underline{\hspace{2cm}}.$$

### Г) Сформулировать выводы по работе:

- Принять, что объём помещения большой, сравнить полученное фактическое округленное значение кратности воздухообмена  $K_p$  с диапазоном 1-10 и сделать вывод о соответствии полученной кратности воздухообмена  $K_p$  помещению большого объёма.
- При превышении полученной в расчете кратности воздухообмена  $K_p$  помещению с большим объёмом предложить мероприятия по её уменьшению: например – изоляция источников тепла (использование водяных завес), изменение технологического процесса с использованием поглотителей и т.д. Предложить инженерные мероприятия по оптимизации микроклимата в помещении, используя величины формулы (4).

Д) Письменно ответить на один контрольный вопрос, номер которого равен номеру Вашего варианта.

Таблица 3

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны (извлечения из ГОСТ 12.1.005-88)

Вещества	ПДК мг/м <sup>3</sup>	Класс опас- ности	Агрегат- ное со- стояние	Особенности действия на организм
1	2	3	4	5
1. Азота оксиды (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	5,0	III	п	О
Акролеин	0,2	II	п	К, Ф
Аммиак	20,0	IV	п	О
Анилин	0,1	II	п	+
Ацетон	200,	IV	п	О
Ангидрид сернистый	10,0	III	п	+
Ангидрид серный	1,0	III	а	+
Ангидрид хромовый	0,01	I	а	+
Бензол	15,0	II	п	+
Бенз(а)пирен	0,00015	I	а	К
Водород фтористый	0,5	I	п	О
Кислота азотная	2,0	III	а	+
Кислота муравьиная	1,0	II	п	+
Кислота серная	1,0	II	а	+
Марганец (в сварочных аэрозолях)	0,2	II	а	К, Ф
Медь	1,0	II	а	Ф, К
Никель и его соединения	0,05	I	а	К, А
Нитробензол	3,0	II	п+а	+
Нитроформ	0,5	II	п	+
Ртуть металлическая	0,01	I	п	Ф, К
Электрокорунд	6,0	IV	а	Ф
Сероуглерод	1,0	III	п	О
Сероводород	10,0	II	п	О
Бутанол	10,0	III	п	+
Метанол	5,0	III	п	+
Этанол	1000	IV	п	+
Фенол	0,3	II	а	Ф
Углерода оксид	20,0	IV	п	О
Этиленгликоль	5,0	III	а+п	А

Условные обозначения к табл. 4 : П – пары или газы; А – аэрозоль; А+П – смесь паров и аэрозоля; + требуется защита кожи и глаз; К- канцерогены; Ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия; О – вещества с остронаправленным действием, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе.

Варианты для расчета общеобменной вентиляции  
производственных помещений

Вещества	Интенсивность выделения вредных веществ, мг/ч											
	Вариант											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сероводород H <sub>2</sub> S			3·10 <sup>2</sup>							3·10 <sup>2</sup>		
Водород фтористый HF						3·10 <sup>3</sup>	4·10 <sup>3</sup>					
Ангидрид серный SO <sub>3</sub>					4·10 <sup>3</sup>			1·10 <sup>3</sup>		1·10 <sup>2</sup>		
Кислота серная H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2·10 <sup>4</sup>										5·10 <sup>2</sup>	
Электрокорунд Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						3·10 <sup>2</sup>	2·10 <sup>3</sup>					
Углерода оксид CO		4·10 <sup>5</sup>										5·10 <sup>5</sup>
Бутанол C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH				2·10 <sup>4</sup>					3·10 <sup>4</sup>			
Ангидрид сернистый SO <sub>2</sub>					3·10 <sup>2</sup>			2·10 <sup>4</sup>				
Аммиак NH <sub>3</sub>		6·10 <sup>5</sup>										5·10 <sup>5</sup>
Кислота муравьиная НСООН	3·10 <sup>3</sup>										1·10 <sup>4</sup>	
Нитроформ CH(NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>		1·10 <sup>2</sup>										2·10 <sup>3</sup>
Сероуглерод CS <sub>2</sub>			3·10 <sup>3</sup>							2·10 <sup>3</sup>		
Метанол CH <sub>3</sub> OH				1·10 <sup>4</sup>					2·10 <sup>4</sup>			
Марганец Mn					6·10 <sup>2</sup>			8·10 <sup>2</sup>				
Этиленгликоль CH <sub>2</sub> OH-CH <sub>2</sub> OH						2·10 <sup>4</sup>	8·10					
Кислота азотная HNO <sub>3</sub>	5·10 <sup>2</sup>										2·10 <sup>3</sup>	

Вещества	Интенсивность выделения вредных веществ, мг/ч											
	Вариант											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Нитробензол $C_6H_5NO_2$		$6 \cdot 10^3$										$5 \cdot 10^3$
Анилин $C_6H_5NH_2$			$3 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$					$2 \cdot 10^2$			
Этанол $C_2H_5OH$				$1 \cdot 10^4$				$2 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^2$			
Бензол $C_6H_6$					$3 \cdot 10^4$				$2 \cdot 10^4$			
Фенол $C_6H_5OH$						$5 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$					
Ацетон $(CH_3)_2CO$			$3 \cdot 10^5$							$4 \cdot 10^5$		
Акролеин $CH_2=CH-CHO$		$1 \cdot 10^2$										$2 \cdot 10^2$
Азота оксид (в пересчете на $NO_2$ )	$6 \cdot 10^3$										$5 \cdot 10^2$	
Ртуть металлическая Hg			$2 \cdot 10^2$							$1 \cdot 10^2$		
Бенз(а)пирен $C_{20}H_{12}$				2,3				4,0				
Медь Cu						$3 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$					
Никель Ni	$1 \cdot 10^2$				$2 \cdot 10^2$							
Ангидрид хромовый $CrO_3$											20	
Избыточное тепло, ккал/ч	$9 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^4$
Атмосферное давление, кПа	96	97	98	99	100	101,3	102	103	96	97	98	99
Температура приточного воздуха, °С	23	24	25	26	27	28	27	26	25	24	23	22

Результаты расчета

Студент \_\_\_\_\_ Фамилия \_\_\_\_\_  
 Группа \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ Номер варианта \_\_\_\_\_

31

№ п/п	Наименование загрязнителей воздушной среды помещения	Интенсивность выделения вредных веществ, мг/ч	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Особенности действия на организм	Вещества одностороннего действия (*)	Расчетное количество приточного воздуха, м <sup>3</sup> /ч
1						
2						
3						
4						
5						
6	Избыточное тепло, ккал/ч					

\*) отметить звездочкой

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Понятие производственной вентиляции.
2. Классификация систем вентиляции.
3. В каких случаях применяют общеобменную вентиляцию?
4. В каких случаях предусматривают аварийную вентиляцию?
5. Ограничивается ли концентрация вредных веществ при общеобменной вентиляции в удаляемом и приточном воздухе?
6. Какими соображениями руководствуются при расчете требуемого воздухообмена в помещении при наличии в нем нескольких вредных веществ однонаправленного действия?
7. Что такое кратность воздухообмена?
8. Как определяют необходимый воздухообмен при одновременном выделении в помещение вредных веществ, теплоты и влаги?
9. Какие факторы принимают во внимание при определении параметров микроклимата?
10. Для чего применяется вентиляция?
11. Как рассчитать необходимый воздухообмен для удаления вредных веществ? Избыточного тепла?
12. В каком нормативном документе регулируются величины предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочих помещений?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. **Дроздов В.Ф.** Отопление и вентиляция. Ч.2 Вентиляция / В.Ф. Дроздов. - М.: Высшая школа, 1984, 263 с.: ил.
3. **Волкова А.А.** Безопасность жизнедеятельности : учебник / Волкова А.А., Шишкунов В.Г., Тягунов Г.В. Екатеринбург : УрФУ, 2013. 233 с.

## Практическая работа № 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЯ

### СПИСОК ПРИНЯТЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- $\Delta P$  – избыточное давление взрыва  
 $P_{MAX}$  – максимальное давление взрыва стехиометрической газо – или паровоздушной смеси  
 $P_n$  – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, кПа  
 $m$  – масса горючего газа (*ГГ*) или паров легковоспламеняющихся (*ЛВЖ*) и горючих жидкостей (*ГЖ*), кг  
 $m_{an}$  – масса пыли, выброшенной из аппарата, кг  
 $M$  – молярная масса, кг/кмоль  
 $q$  – подача пыли в аппарат по трубопроводам до их отключения, кг/с  
 $z$  – коэффициент участия горючего во взрыве  
 $V_a$  – объем газа в аппарате, м<sup>3</sup>  
 $V_T$  – объем газа в трубопроводах, м<sup>3</sup>  
 $V_{ж}$  – объем разлившейся жидкости, л  
 $V_{CB}$  – свободный объем помещения, м<sup>3</sup>  
 $V_0$  -- мольный объем  
 $\rho_{г.п.}$  – плотность пара или газа при расчетной температуре  $t_p$ , кг/м<sup>3</sup>  
 $\rho_B$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>  
 $T_0$  – начальная температура воздуха, К  
 $t_p$  – расчетная температура, °С  
 $C_{СТ}$  – стехиометрическая концентрация, %  
 $H_T$  – теплота сгорания, Дж/кг  
 $C_p$  – теплоемкость воздуха, Дж/(кг\*К)  
 $A$  – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, с<sup>-1</sup>  
 $\tau$  – время, с  
 $W$  – интенсивность испарения, кг/(С м<sup>2</sup>)  
 $F_u$  – площадь испарения, м<sup>2</sup>  
 $w_6$  – скорость воздушного потока в помещении, м/с

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности осуществляется на основании СП 12.13130.2009 «Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». [1]. В соответствии с [1] помещения в зависимости от используемых в технологических процессах веществ и материалов делятся на 5 категорий: А, Б, В1-В4, Г и Д (табл. 1). Определение

категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в табл. 1, от высшей (А) к низшей (Д).

Таблица 1

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности  
СП 12.13130.2009 (извлечение)

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
<b>А</b> Повышенная взрывопожаро-опасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 <sup>0</sup> С в таком количестве, что они могут образовывать взрывоопасные паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, при котором расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
<b>Б</b> Взрывопожаро-опасность	Горючие пыли и волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 <sup>0</sup> С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
<b>В1 – В4*</b> Пожаро-опасность	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть
<b>Г</b> Умеренная пожаро-опасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются в качестве топлива
<b>Д</b> Пониженная пожаро-опасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии
*П р и м е ч а н и е. Определение пожарной категории В1 – В4 осуществляется путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с ее нормативным значением	

## 2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА КРИТЕРИЕВ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ

В основу оценки взрывопожарной опасности производственных помещений положен энергетический подход, заключающийся в оценке расчетного избыточного давления взрыва и сравнении его с допустимым. Определению подлежат характеристики помещений А, Б и В, не имеющие таких явно выраженных признаков для классификации, как помещения категорий Г и Д.

### 2.1. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТНОГО ВАРИАНТА

При расчете значений критериев взрывопожарной опасности в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период работы аппаратов, при котором во взрыве участвует наибольшее количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовать взрывоопасные газовоздушные или паровоздушные смеси, определяют, исходя из следующих предпосылок:

- а) происходит авария одного из аппаратов;
- б) все содержимое аппарата поступает в помещение;
- в) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потоку, в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов;
- г) происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости; площадь испарения при разливе на пол определяют (при отсутствии справочных данных), исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70% массовых долей и менее растворителей, разливается на площади 0,5 м<sup>2</sup>, а остальных жидкостей – на 1 м<sup>2</sup> пола помещения;

д) длительность испарения жидкости равна времени ее полного испарения, но не более 3600 с.

Количество пыли, которое может образовать взрывопожарную смесь, определяют из следующих предпосылок: в момент аварии произошла плановая (при ремонтных работах) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в помещение всей находившейся в аппарате пыли.

Свободный объем помещения находят как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно равным 80% геометрического объема помещения.

### 3. ЗАДАНИЕ

Определить категорию взрывопожарной опасности помещения в соответствии с исходными данными, приведенными в табл. 2 и 3. Номер Вашего варианта задания равен Вашему номеру в списке Вашей группы для номеров от 1 до 10. Для номеров N списка группы от 11 до 20 номер Вашего варианта равен N-10. Для номеров N списка группы от 21 до 30 номер Вашего варианта равен N-20 (таблица № 2).

### 4. ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ ВЗРЫВА

#### 4.1. Расчет избыточного давления взрыва для горючих газов, паров, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

Избыточное давление взрыва  $P$  для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, определяем по формуле:

$$\Delta P = (P_{MAX} - P_0) \frac{mZ}{V_{CB} \rho_{Г.Л}} \frac{100}{C_{СТ}} \frac{1}{K_H}, \quad (1)$$

где  $P_{MAX}$  – максимальное давление взрыва стехиометрической газо – или паровоздушной смеси в замкнутом объеме, принять  $P_{MAX}$  равным 900 кПа;

$P_0$  – начальное давление;

$P_0$  – 101 кПа;

$m$  – масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), попавших в результате аварии в помещении, кг;

$Z$  – коэффициент участия горючего во взрыве (см.табл.3);

$V_{CB}$  – свободный объем помещения, м<sup>3</sup>, свободный объем помещения находят как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Допускается принимать условно равным 80% геометрического объема помещения;

$\rho_{г.п.}$  – плотность пара или газа при расчетной температуре  $t_p$ , кг/м<sup>3</sup>, вычисляемая по формуле:

$$\rho_{г.п.} = \frac{M}{V_0(1 + 0,00367t_p)}, \quad (2)$$

где  $M$  – молярная масса, кг/кмоль (табл.2);

$V_0$  -- мольный объем, равный 22,413 м<sup>3</sup>/кмоль<sup>-1</sup>;

$t_p$  – расчетная температура, °С. В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Если значение расчетной температуры  $t_p$  определить не удастся, допускается принимать ее равной 61 °С;

$C_{ст.}$  – стехиометрическая концентрация объемных долей ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, %, вычисляется по формуле:

$$C_{ст.} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (3)$$

где:

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2} \quad (4)$$

– стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания;

$n_c, n_H, n_O, n_X$  – число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего (см. таблицу 2);

$K_n$  – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатический процесс горения. Принять  $K_n = 3$  (см. таблицу 3).

Расчет  $\Delta P$  для индивидуальных веществ, кроме упомянутых выше, а также для смесей выполняется по формуле:

$$\Delta P = \frac{m H_T P_0 z}{V_{св} \rho_{\epsilon} C_p T_0} , \quad (5)$$

где  $H_T$  – теплота сгорания, Дж/кг (по табл.2);

$\rho_{\epsilon}$  – плотность воздуха до взрыва при начальной температуре  $T_0$ , кг/м<sup>3</sup> (табл.2);

$C_p$  – теплоемкость воздуха, Дж/(кг\*К), допускается принимать равной  $1.01 \cdot 10^3$  Дж/(кг\*К);

$T_0$  – начальная температура воздуха, К (табл.2).

Таблица 2

Исходные данные для расчета избыточного давления взрыва

№ п/ п	Параметр	Обо- значе- ние	Раз- мер- ность	ВАРИАНТЫ									
				Г а з			Л В Ж			П ы л ь		Смесь газов	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Горючее вещество	–	–	Метан	Водо- род	Ацети- лен	Аце- тон	Спирт этиловый	Бен- зол	Бурый уголь	Полу- кокс	Домен- ный газ	Коксо- вый газ
2.	Химическая формула	–	–	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	–	–	–	–
3.	Молярная масса	<b>M</b>	кг/кмо ль	16	2	26	58,08	46,07	78,1 1	–	–	–	–
4.	Объем газа, вышед- шего из аппарата	<b>V<sub>а</sub></b>	м <sup>3</sup>	20	15	5	–	–	–	–	–	300	200
5.	Объем газа, вышедшего из трубопроводов	<b>V<sub>т</sub></b>	м <sup>3</sup>	50	30	15	–	–	–	–	–	20	30
6.	Объем разлив- шейся жидкости	<b>V<sub>ж</sub></b>	л	–	–	–	50	20	30	–	–	–	–
7.	Температура вспышки	<b>t<sub>всп</sub></b>					– 18	13	–12				
8.	Температура воздуха	T <sub>о</sub>	К	293	293	288	298	288	293	298	293	288	293
9.	Скорость воздушного потока в помещении	<b>w<sub>в</sub></b>	м/с	–	–	–	0,2	0,5	1	–	–	–	–

№ п/п	Параметр	Обо- знач- е- ние	Раз- мер- ность	ВАРИАНТЫ									
				Г а з			Л В Ж			П ы л ь		Смесь газов	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.	Давление насыщенного пара	$P_n$	кПа	-	-	-	9,58	9,97	12,9	-	-	-	-
11.	Кратность воздухообмена аварийной вентиляции	$A$	ч <sup>-1</sup>	15	20	30	12	15	25	-	-	-	-
12.	Масса пыли, выброшенной из аппарата	$m_{ап}$	кг	-	-	-	-	-	-	150	80	-	-
13.	Подача пыли в аппарат по трубопроводам до их отключения												
14.	Теплота сгорания	$H_T$	МДж/кг	-	-	-	-	-	-	12,7	18,2	3,1	33,7
15.	Плотность	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	1200	900	1,30	0,48
16.	Плотность воздуха при $T_0$	$\rho_v$	кг/м <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	1,17	1,22	1,21	1,22
17.	Объем помещения	$V$	м <sup>3</sup>	1000	2500	1800	300	100	75	500	700	300	900
18.	Время испарения жидкости	$\tau$	с	-	-	-	3600	2400	1200	-	-	-	-

Общие исходные данные для всех вариантов

Величина	Размерность	Значение
$P_{max}$	кПа	900
$P_0$	кПа	101
<b>Коэффициент <math>z</math>:</b>		
– для водорода	–	1
– для горючих газов (кроме водорода)	–	0,5
– для легковоспламеняющихся и горючих жидкостей	–	0,3
– для пылей	–	0,5
$K_n$		3,0
$T_0$	К	293
$\rho_0$ (плотность воздуха при нормальных условиях )	кг/куб.м	1,29
$C_p$	Дж/кг*К	$1,03 \cdot 10^3$
$\tau$ (для газов и пылей)	с	300
$k_n$		1,0

В случае работы с горючими газами, ЛВЖ или ГЖ при определении значения массы, входящей в формулы (1) и (5), допускается учитывать аварийную вентиляцию. При этом массу горючих газов или паров ЛВЖ или ГЖ, нагретых до

температуры вспышки и выше, поступивших в объем помещения, следует разделить на коэффициент  $K$ , определяемый формулой:

$$K=A\tau+1, \quad (6)$$

где  $A$  – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией,  $\text{с}^{-1}$  (табл.2).

Массу (кг) поступившего при расчетной аварии газа определяют по формуле:

$$m = (V_a + V_T) \rho_{\Gamma}, \quad (7)$$

где  $V_a$  – объем газа, вышедшего из аппарата;

$V_T$  – объем газа, вышедшего из трубопровода до и после его отключения,  $\text{м}^3$ ;

$\tau$  – время, с (табл.3);

$\rho_{\Gamma}$  – плотность газа при температуре  $t_p$ .

Массу паров жидкости  $m$ , испарившейся с поверхности разлива, кг, определяют по формуле:

$$m = W F_u \tau, \quad (8)$$

Где  $W$  – интенсивность испарения,  $\text{кг}/(\text{с м}^2)$

$F_u$  – площадь испарения,  $\text{м}^2$ , определяется, исходя из расчета, что 1 литр жидкости разливается на  $1 \text{ м}^2$  пола помещения.

Интенсивность испарения  $W$  рассчитывают по формуле

$$W = 10^{-6} \eta \sqrt{M P_{\text{н}}} \quad (9)$$

Где  $\eta$  – коэффициент, принимаемый по табл.4. в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения.

$M$  – молекулярная масса (табл.2);

$P_{\text{н}}$  – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, кПа (табл.2.)

Значения коэффициента  $\eta$ 

Скорость воздушного потока в помещении, м/с	Температура воздуха в помещении t, С				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

#### 4.2. Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей

Расчет избыточного давления взрыва  $\Delta P$  (кПа) производится по формуле (5), где под величиной  $z$  понимается доля участия взвешенной горючей пыли во взрыве. Принять  $z=0,5$  (табл.3).

Масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации,

$$m_{ав} = (m_{ан} + q\tau)k_n \quad (11)$$

где  $m_{ан}$  – масса горючей пыли, выбрасываемой в помещении из аппарата, кг;

$q$  – подача пылевидных веществ в аварийный аппарат, кг/с (табл.2);

$\tau$  – время отключения (с) – по табл.3;

$k_n$  – коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. Значение  $k_n$  принять по табл.3.

### 5. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ:

5.1 выбрать формулу для расчета  $\Delta P$  (1) или (5) с учетом характеристики горючего вещества своего варианта;

- 5.2 выполнить расчет  $\Delta P$  по выбранной формуле для своего варианта;
- 5.3 используя таблицу 1, сравнить полученные в расчете значения  $\Delta P$  с нормой и с учетом характеристики горючего вещества своего варианта определить категорию помещения, указанную в примечании 3;
- 5.4 оформить вывод по работе.

#### ФОРМА ОТЧЕТА

##### А) Общие сведения (титульный лист):

- номер и название работы;
- номер Вашего варианта;
- номер группы;
- Ф.И.О. студента;
- Ф.И.О. преподавателя.

##### Б) Содержание отчета:

- кратко описать цель работы;
- привести использованные в расчетах формулы;
- подставить числовые значения в формулы и указать результаты расчетов;
- проанализировать полученные результаты и на основании табл.1 определить категорию взрывопожарной опасности помещения, сформулировать выводы по работе, например: «Вещество – пропан, горючий газ,  $\Delta P=8,7$  кПа, что больше нормы = 5 кПа, категория помещения: «А – повышенная взрывопожароопасность».
- Письменно ответить на один контрольный вопрос, номер которого равен номеру Вашего варианта.

#### 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С какой целью осуществляется категорирование помещений по взрывопожарной опасности?
2. Номенклатура категорий взрывопожароопасности.
3. На чем основан метод оценки взрывопожарной опасности?

4. Какие виды помещений подлежат категорированию?
5. Что называется «свободным объемом помещения»?
6. Особенности расчета избыточного давления взрыва для горючих газов, паров ЛВЖ и горючих пылей.
7. От какого показателя зависит определение пожарной категории В1 – В4? Как его определяют?
8. Дать определение понятия «пожарная безопасность».
9. На чем основаны мероприятия по предупреждению пожара?
10. Назовите составляющие системы обеспечения пожарной безопасности в РФ.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 12.13130.2009 «Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
2. **Бектобеков Г.В.** Справочная книга по охране труда в машиностроении / Г.В.Бектобеков, Н.Н.Борисова, В.И.Кортиков и др.; Под общ. ред. О.И.Русака. Л.: Машиностроение, 1989. 541 с.
3. **Долин П.А.** Справочник по технике безопасности. / П.А. Долин. - М.: Энергоиздат, 1982. 734 с.
4. **Баратов А.Н.** Пожарная безопасность. Взрывобезопасность: Справ. изд. /А.Н.Баратов, Е.Н.Иванов, А.Я. Корольченко и др.- М.: Химия, 1987. 272 с.
5. **Теплотехнический справочник** /Ред. В.Н.Юренева и П.Д.Лебедева. М.: Энергия, 1975. Т.1. 744 с.
6. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Госстрой России, 1997. 14 с.

# Практическая работа № 17. РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

## ВВЕДЕНИЕ

Анализ несчастных случаев в промышленности, сопровождающихся временной утратой трудоспособности пострадавших, показывает, что число травм, вызванных электрическим током, сравнительно невелико и составляет 0,5-1% общего числа несчастных случаев на производстве (в электроэнергетике - 3 – 3,5%).

Совершенно иная картина будет, если рассматривать только смертельные несчастные случаи. При этом оказывается, что из общего числа смертельных несчастных случаев на производстве 20 – 40 % их (а в энергетике до 60%) происходит в результате поражения электрическим током, что, как правило, больше, чем по какой-либо иной причине, причем 75 – 80% смертельных поражений током происходит при напряжении до 1000 В.

Статистика свидетельствует, что частота смертельного электротравматизма в России составляет  $\sim 30 \times 10^{-6}$ , в то время как в остальных 7 странах Большой Восьмерки эта цифра не превышает  $1 \times 10^{-6}$  (что является приемлемым риском смертельных случаев для человека).

Развитие электротехники сопровождается непрерывным совершенствованием применяемого электрооборудования, поиском новых технических решений при создании электроустановок. Заземляющее устройство является неотъемлемой частью каждой электроустановки напряжением до 1 кВ и выше.

Условия работы заземляющего устройства определяются, в первую очередь, удельным электрическим сопротивлением земли и электрическими параметрами заземляющих и защитных проводников.

Одной из функций заземляющего устройства является защита от поражения электрическим током. Защитное заземление – одна из основных мер защиты, обеспечивающих безопасность электроустановки. В настоящее время заземление и меры защиты регламентируются двумя основополагающими нормативными документами: Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и ГОСТ 12.1.038-81.

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электрической установки или оборудования с заземляющим устройством (ПУЭ) [1,2].

Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу и другим нетоковедущим частям.

Принцип действия защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус и другими причинами. Это достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования (за счет уменьшения сопротивления заземления, а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования за счет подъема потенциала основания, на котором стоит человек, до значения, близкого к значению потенциала заземленного оборудования).

Область применения защитного заземления:

- 1) электрические сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью;
- 2) электрические сети напряжением свыше 1000 В с любым режимом нейтрали.

Защитное заземление электроустановок следует выполнять при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока во всех случаях.

В помещениях категорий опасности поражения электрическим током ПО (повышенная опасность) и ОО (особая опасность) согласно ПУЭ защитное заземление должно применяться в электроустановках при номинальном напряжении от 42 В до 380 В переменного тока и от 110 В до 440 В постоянного тока (ГОСТ 12.1.013-78).

Во взрывоопасных помещениях категорий А и Б (СП 12.13130.2009) все электроустановки независимо от величины напряжения должны быть заземлены.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя – проводников (электродов), соединенных между собой и находящихся в

непосредственном соприкосновении с землей, и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Размещение электродов выносного заземляющего устройства может быть «в ряд» или «по контуру».

## ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Заземлитель – проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

Проводящая часть – часть, которая может проводить электрический ток. Сторонняя проводящая часть – проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки

Токоведущая часть – проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе работы под напряжением.

Различают заземлители искусственные, специально изготовленные, предназначенные исключительно для целей заземления и естественные.

Для искусственных заземлителей применяются обычно вертикальные и горизонтальные металлические электроды. В качестве вертикальных электродов используются:

- стальные трубы с толщиной стенки не менее 3,5 мм диаметром 50-60 мм.
- угловая сталь с толщиной полки не менее 4 мм, размером от 40x40 до 60x60 мм, длиной 2,5-3 м.
- прутки стальные диаметром не менее 10 мм, длиной до 10 м.

Для связи вертикальных электродов и в качестве самостоятельного горизонтального электрода применяется полосовая сталь сечением не менее 4x12 мм и сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

В случае опасности усиленной коррозии заземлителей необходимо применять электроды увеличенного сечения, либо оцинкованные или омедненные.

Для установки вертикальных заземлителей предварительно роют траншею глубиной  $t_0 = 0,5-0,8$  м, после чего производят забивку труб, уголков или прутков с помощью механизмов (копры, гидропрессы, вибраторы). Верхние торцы погруженных в землю вертикальных электродов соединяют стальной полосой

длиной  $L$  с помощью сварки. Засыпка траншей производится землей, очищенной от строительного мусора с последующей тщательной трамбовкой, что снижает сопротивление растеканию заземлителя, а, следовательно, дает экономию металла.

Искусственные заземлители могут быть выполнены также из электропроводящего бетона.

Естественный заземлитель – сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.

В качестве естественных заземлителей могут использоваться:

- проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов);
- осадные трубы артезианских колодцев, скважин, шурфов и т. п.;
- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, имеющие соединения с землей;
- свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле;
- металлические шпунты гидротехнических сооружений и т.п.

Естественные заземлители обладают, как правило, малым сопротивлением растеканию тока и поэтому использование их для заземления дает ощутимую экономию металла. Недостатком естественных заземлителей является доступность некоторых из них неэлектротехническому персоналу и возможность нарушения непрерывности соединения протяженных заземлителей (при ремонтных работах и т. п.).

Заземляющие проводники – проводники, соединяющие заземляемую часть (точку) с заземлителем.

В качестве заземляющих проводников, предназначенных для соединения заземляемых частей с заземлителями, применяется, как правило, полосовая сталь и сталь круглого сечения.

В сетях напряжением до 1000 В и выше с изолированной нейтралью, т.е. с малыми токами замыкания на землю, наименьшее сечение стальной прямоугольной шины составляет  $24 \text{ мм}^2$  при прокладке ее внутри здания и  $48 \text{ мм}^2$  при прокладке вне

здания или в земле; для круглой стали наименьший диаметр равен 5 и 6 мм соответственно.

В производственных помещениях с электроустановками напряжением выше 1000 В магистрали заземления (заземляющие проводники с двумя и более ответвлениями) из стальной полосы должны иметь сечение не менее 120 мм<sup>2</sup>, а напряжением до 1000 В – не менее 100 мм<sup>2</sup>. Допускается применение стали круглого сечения той же проводимости.

Во всех случаях не требуется применения медных проводников сечением более 25 мм<sup>2</sup>, алюминиевых – более 35 мм<sup>2</sup> и стальных – 120 мм<sup>2</sup>. Прокладка в земле алюминиевых неизолированных проводников не допускается. Искусственные заземлители не должны иметь окраску.

Прокладка заземляющих проводников производится открыто по конструкциям зданий, в том числе по стенам. Заземляющие проводники в закрытых помещениях должны быть доступны для осмотра. Ответвления от магистралей к электроприемникам напряжением до 1000 В допускается прокладывать скрытно непосредственно в стене, под чистым полом и т.п. с предварительной защитой их от воздействия агрессивных сред. Такие ответвления не должны иметь соединений.

В наружных установках заземляющие проводники допускается прокладывать в земле, в полу, а также по краю площадок фундаментов технологических установок и т.п.

Присоединение заземляемого оборудования к магистралям заземления осуществляется с помощью отдельных проводников. При этом последовательное включение заземляемого оборудования не допускается.

Главная заземляющая магистраль (шина) – шина, являющаяся частью заземляющего устройства до 1000 В и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.

Заземление отдельных электродвигателей, аппаратов и другого оборудования, установленных непосредственно на металлических станках и имеющих с металлом станков надежный контакт, может осуществляться путем присоединения станины станков к заземляющей магистрали.

Соединение заземляющих проводников между собой, а также с заземлителями и заземляемыми конструкциями выполняется, как правило, сваркой, а с корпусами аппаратов, машин и другого оборудования – сваркой или с помощью болтов. Отсоединение от главной заземляющей магистрали (шины) должно быть возможно только с использованием инструмента.

При этом присоединение заземляющей магистрали к заземлителю – искусственному или естественному – выполняется в двух местах. Открыто проложенные заземляющие проводники должны иметь отличительную окраску: по зеленому фону желтые полосы.

Главная заземляющая магистраль (шина) должна быть, как правило, медной, допускается из стали; из алюминия не допускается.

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Схема защитного заземления электротехнической установки приведена на

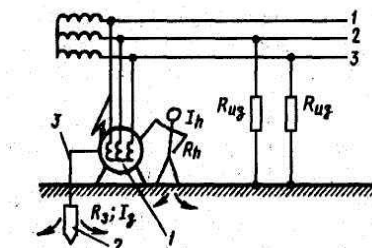


рис. 1.

Рис. 1. Схема защитного заземления электротехнической установки.

1- заземляемое оборудование; 2- искусственный заземлитель; 3- заземляющий проводник.

Схема искусственного заземляющего устройства приведена на рис. 2

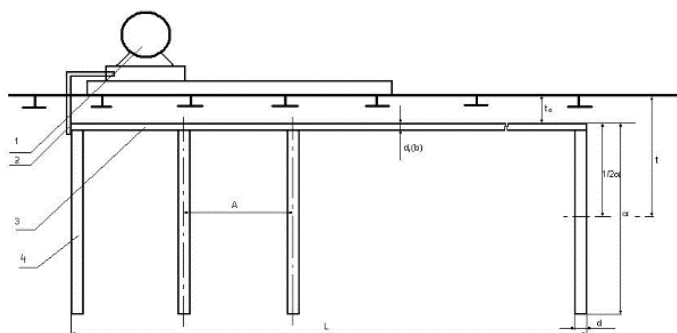


Рис. 2 Схема искусственного защитного заземления

1 – заземляемая электротехническая установка, 2 – заземляющий проводник, 3 – заземляющая магистраль (горизонтальный электрод), 4 – вертикальный заземлитель.

Расчет сопротивления искусственного защитного заземления будет считаться выполненным правильно, если его величина  $R$  не будет превышать установленных нормативных значений (ГОСТ 12.1.038-81, ПУЭ [1,2,3]), табл. 6.

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВКЛЮЧАЕТ НЕСКОЛЬКО ЭТАПОВ

Номер Вашего варианта задания равен Вашему номеру в списке Вашей группы для номеров от 1 до 25. Для номеров  $N$  списка группы от 26 до 30 номер Вашего варианта равен  $N-25$  (таблица 7).

1. Определяют величину сопротивления одиночного вертикального заземлителя  $R_B$  по формуле:

$$R_B = \frac{\rho_{\text{расч.в}}}{2\pi\alpha} \left( \ln \frac{2\alpha}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+\alpha}{4t-\alpha} \right), \text{ Ом} \quad (1)$$

где  $\alpha$  – длина вертикального заземлителя, м

$d$  – диаметр вертикального заземлителя, м

(для уголка с шириной полки  $b$ :  $d = 0,5 \times b$ ).

Связь натурального и десятичного логарифма:  $\ln X = 2,303 \times \log X$ .

Расчетное сопротивление грунта  $\rho_{\text{расч.}}$  находят по формуле:

$$\rho_{\text{расч.}} = \rho_{\text{уд.}} \times \varphi, \quad \text{Ом} \times \text{м} \quad (2)$$

где  $\rho_{\text{уд.}}$  - удельное сопротивление грунта, Ом $\times$ м (табл. 2)

$\varphi$  - климатический коэффициент вертикального электрода (табл. 3).

Заглубление заземления  $t$  вычисляют по формуле:

$$t = t_0 + \alpha/2, \text{ м} \quad (3)$$

где  $t_0$  – глубина траншеи, в которую забиваются вертикальные заземлители, м.

Конкретные значения величин, входящих в формулы, принимают с учетом номера вашего варианта согласно табл. 7.

2. Далее определяют необходимое число вертикальных заземлителей  $n$  по формуле:

$$n = \frac{R_B}{R_3 \times \eta_B} \quad (4)$$

где:  $R_3$  - допустимое значение сопротивления защитного заземления, Ом.  
 Допустимые значения сопротивления заземления  $R_3$ , Ом для расчетов принимать равными 0,5; 2; 4; и 8 и 10 Ом, в зависимости от условного обозначения сети (таблица 6).

$\eta_B$  - коэффициент использования вертикальных заземлителей, зависящий от отношения расстояния между вертикальными электродами  $A$  к их длине  $\alpha$  (табл. 7) и от варианта исполнения заземления: «в ряд» или «по контуру».

Порядок расчета  $n$ :

- 1) принять  $\eta_B = 1$  и найти  $n$  из формулы (4);
- 2) по найденному числу  $n$  из табл. 4 методом интерполяции определить уточненное значение  $\eta_B$ ;
- 3) подставить определенное из табл. 4 значение  $\eta_B$  в формулу (4) и определить окончательное число вертикальных заземлителей  $n$ ;
- 4) округлить полученное значение  $n$  до большего целого числа (например,  $n = 3,25$ , принять  $n = 4$ ).

Рассчитанное количество заземлителей  $n$  забивают в подготовленную траншею вертикально через определенное расстояние и соединяют их все между собой горизонтальным электродом (полосой или прутком) длиной  $L$  соответствующего сечения.

3. Определяют сопротивление горизонтального электрода по формуле

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\text{расч.г}}}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{d_1 t_0}, \quad \text{Ом} \quad (5)$$

где:  $L$  – длина полосы, м определяется по формулам:

- при размещении в ряд:

$$L = C \times \alpha \times (n-1) \quad (6)$$

- при размещении по контуру:

$$L = C \times \alpha \times n, \quad (7)$$

здесь:  $C=A/\alpha$ , значение из табл. 7.

$\rho_{\text{расч.г}}$  определяется по формуле (2) с учетом грунта ( $\rho_{\text{уд.}}$  - табл.2) и длины полосы горизонтального электрода ( $\varphi_{\text{г}}$  - табл. 3);

$d_1$  – диаметр горизонтального электрода, м

(для полосы  $d_1 = 1/2b$ , где  $b$  – ширина горизонтальной полосы, м).

4. Определяют величину общего расчетного сопротивления заземляющего устройства по формуле

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_{\text{В}}R_{\text{Г}}}{R_{\text{В}}\eta_{\text{Г}} + R_{\text{Г}}\eta_{\text{В}}n}, \text{ Ом} \quad (8)$$

где  $\eta_{\text{Г}}$  – коэффициент использования горизонтального электрода (табл 5)

При работе с таблицами (4) и (5), в случае когда найденное число заземлителей  $n$ , шт. отличается от табличных (например,  $n = 5$ ), то коэффициенты  $\eta_{\text{В}}$  и  $\eta_{\text{Г}}$  определять методом интерполяции.

## ФОРМА ОТЧЕТА

1. Общие сведения (титульный лист):

- номер и название работы;
- Ф. И.О. студента;
- номер группы;
- дата выполнения работы;
- Ф. И.О. преподавателя.

2. Содержание отчета:

- Кратко описать цель работы;
- Провести необходимые расчеты по приведенным формулам;
- Заполнить итоговую таблицу 1:

– Таблица 1

Результаты расчета сопротивления заземляющего устройства

Студент \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_  
Фамилия

Номер варианта	$R_{\text{В}}$ , ом	$n$ , шт.	$R_{\text{Г}}$ , ом	$R_{\text{общ.}}$ , ом	$R_{\text{з}}$ , ом

--	--	--	--	--	--

– Сформулировать выводы по работе. Сравнить найденную величину общего расчетного сопротивления заземляющего устройства  $R_{\text{общ}}$  с допустимым (нормируемым) значением  $R_3$  и сделать выводы о надежности защиты персонала от поражения электрическим током в случае замыкания на корпус электроустановки.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание седьмое. Утверждены Приказом Минэнерго России От 08.07.2002 № 204.
2. ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление».
3. **Безопасность жизнедеятельности. Лабораторный практикум** : учеб. пособие для вузов / сост. А.А. Вершинин [и др.] ; под общ. ред. Г.В. Тягунова, А.А. Волковой. Екатеринбург : УрФУ, 2011. 180 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 2

### Значения удельных сопротивлений грунтов

№ грунта	Название грунта	Удельное сопротивление, $\rho_{уд.}$ , Ом×м
1	Торф	20
2	Чернозем	20
3	Глина	40
4	Садовая земля	40
5	Суглинок	100
6	Супесок	300
7	Грунт скалистый	500
8	Песок	700

Таблица 3

### Признаки климатических зон и значения климатического коэффициента $\phi$

Данные, характеризующие климатические зоны и тип применяемых электродов	1	2	3	4
1. Климатические признаки зон: - средняя многолетняя низшая температура (январь), °С - средняя многолетняя высшая температура (июль), °С - продолжительность заморозания вод, дней	-15 ÷ -20 +16 ÷ +18 170 ÷ 190	-10 ÷ -14 +18 ÷ +22 ~ 150	0 ÷ -10 +22 ÷ +24 ~ 100	0 ÷ +5 +24 ÷ +26 0
2. Значения коэффициента $\phi$ : - при применении вертикальных электродов длиной до 5 м - то же при длине электродов 5 и более м - то же при применении горизонтальных электродов длиной до 50 м - то же при длине 50 и более м	1,65 1,35 5,5 4,5	1,45 1,25 3,5 3,0	1,3 1,15 2,5 2,0	1,1 1,1 1,5 1,4

Таблица 4

Значения коэффициентов использования вертикальных электродов  $\eta_B$ 

Число заземлителей $n$ , шт	Отношение расстояния между электродами $A$ к их длине $\alpha$					
	1	2	3	1	2	3
	Размещение в ряд			Размещение по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	-	-	-
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	-	-	-	0,41	0,58	0,66
60	-	-	-	0,39	0,55	0,64
100	-	-	-	0,36	0,52	0,62

Таблица 5

Значения коэффициентов использования горизонтальных электродов  $\eta_G$ 

Соотношение расстояний между электродами $A$ к их длине $\alpha$	Число вертикальных заземлителей							
	2	4	6	10	20	40	60	100
Размещение в ряд								
	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42			
2	0,94	0,84	0,80	0,75	0,56			
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68			
Размещение по контуру								
1		0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2		0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3		0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

Допустимые (нормативные) значения сопротивления защитного заземления в электрических сетях [1,2].

Тип эл. сети	Напряжен. электрической сети	Режим нейтрали	Усл. обо знач. сети	Допустимое значение сопротивления $R_z$ , Ом
ТТ	до 1000 В	глухозаземленная	А 1	$\leq 2$ (для лин-го $U = 660$ В)
			А 2	$\leq 4$ (для лин-го $U = 380$ В)
			А 3	$\leq 8$ (для лин-го $U = 220$ В)*
IT	до 1000 В	изолированная	Б 1	$\leq 4$
			Б 2	$\leq 10$ (при мощности генератора, трансформатора $\leq 100$ кВА)
IN	выше 1000 В	изолированная	В	$\leq 10$
TN	выше 1000 В	глухозаземленная	Г	$\leq 0,5$

\*Линейные напряжения 660, 380 и 220 В приведены для 3<sup>-X</sup> фазного электрического тока; такие же значения сопротивления  $R_z$  установлены для линейных напряжений соответственно 380, 220 и 127 В однофазного электрического тока.

Таблица 7

## Исходные данные для расчета

Параметры	В а р и а н т ы з а д а н и й																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Размещение электродов: в ряд – Р, по контуру – К	Р	К	Р	К	Р	К	Р	К	Р	Р	Р	К	Р	К	Р	К	Р	К	Р	К	Р	Р	К	К	Р
Вид вертикального заземлителя: труба -Т, пруток -П, уголковая сталь-У	Т	П	У	Т	П	У	Т	П	У	Т	П	У	Т	П	У	Т	П	У	Т	П	У	Т	П	У	Т
Размеры вертикального заземлителя: - диаметр (полка), мм. -длина α, м	40	10	45*	60	20	80	50	15	11 0	45	25	60	55	12	90	64	10	80	58	12	90	80	14	80	42
	3,0	8,0	3,5	2,5	6,0	2,0	3,5	5,0	3,0	2,5	4,0	2,5	4,0	6,5	3,0	3,0	10	4,0	3,5	8	3,5	5,0	6	4,5	6,0
Отношение $C = A/\alpha$	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
№ грунта	1	2	3	4	5	6	7	5	1	2	3	4	5	6	5	3	5	6	4	5	6	7	4	5	3
№ климатической зоны	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	4	2	3	4	1	4	3	4	1
Глубина траншеи, м	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6
Тип электрической сети	А1	Г	В	Г	А2	Б2	В	Г	А2	Б1	В	Г	А1	Б2	Б1	Г	А1	Б1	Г	Г	А3	Б2	Г	А2	А1
Вид и размер горизонтального электрода: - прутки диаметром d <sub>1</sub> , мм - полоса шириной в, мм	20		45		20		50		35		25		30		40		20		40		30		25		45
		40		60		80		50		90		40		30		40		30		50		45		35	

\*размер «полка» 45 мм для уголкового стали обозначает сечение уголка 45x45 мм.

## **Практическая работа № 18. РАСЧЕТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ПОТЕРИ СЛУХА**

### **ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) 4–7 % населения планеты страдает теми или иными расстройствами слуха; затруднено общение с окружающими у 1,5–2,0 %. Потеря слуха является, как правило, следствием воздействия шума на организм человека. Под шумом понимают любой звук, который может вызвать потерю слуха или быть вредным для здоровья или опасным в другом отношении. Определенное таким способом понятие «шум» включает в себя звуковые колебания (от 20 до 20 000 Гц) и колебания на инфразвуковых (ниже 20 Гц) и ультразвуковых (выше 20 000 Гц) частотах. Шум — это всякий неблагоприятный воспринимаемый звук.

Звуком называют любые механические колебания твердой, жидкой или газовой среды, в которой звуковые волны передают энергию возмущения от источника в диапазоне частот, воспринимаемым человеческим ухом, от 16 Гц до 20 кГц. Колебания ниже 16 Гц называют инфразвуком, выше 20 кГц — ультразвуком.

Представление о шумовой болезни сложилось в литературе 1960–1970-х годах. Различают три формы воздействия шума на организм человека: утомление слуха, шумовая травма и профессиональные заболевания (гипертония и тугоухость). Последняя ведет к снижению слуха вплоть до его полной потери.

Тугоухость имеет четыре степени проявления: легкая с порогом слышимости >20 дБА (больные не слышат шепот); умеренная с порогом слышимости >40 дБА (больные не слышат разговорную речь); тяжелая с порогом слышимости >60 дБА (больные не слышат громкую речь); глухота (больные не слышат крик).

Проблема профессиональной тугоухости является старейшей в медицине труда. Еще Плиний Старший (23–79 гг.) в своей «Натуральной истории» описал глухоту от шума воды у рыбаков, живших и ловивших рыбу около порогов и водопадов Верхнего Нила. В США свыше 8 % рабочих подвергается шуму: около 15 млн человек – выше 80 дБА и по крайней мере 5,1 млн человек – выше 90 дБА; тугоухостью страдает 8 млн человек. В России по данным Госкомсанэпиднадзора кохлеарные невриты (тугоухость) в структуре профзаболеваний составляет более 20 % с тенденцией к росту 0,5 % в год [12].

## 1. АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА

Профессиональный риск – это вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанная с исполнением обязанностей по трудовому договору (контракту) и (или) в иных установленных законом случаях (ФЗ №125, 1996 г.). Анализ профессионального риска состоит из оценки риска, управления риском и информации о риске (Руководство Р 2.2.1766-03 [1,2]).

Оценка риска включает: выявление опасности, оценку экспозиции, оценку зависимости «доза-ответ» и характеристику риска.

Управление риском – это принятие решений и действий, направленных на обеспечение безопасности и здоровья работников.

Информация о риске доводится до работодателей, работников и других заинтересованных сторон с соблюдением установленных законодательством Российской Федерации условий и этических норм.

По критериям Руководства результаты оценки профессионального риска (ПР) подразделяют на следующие категории доказанности риска:

- категория 1А (доказанный ПР) – на основе результатов гигиенической оценки условий труда по критериям Руководства, материалов периодических медицинских осмотров, физиологических, лабораторных и экспериментальных исследований, а также эпидемиологических данных;
- категория 1Б (предполагаемый ПР) – на основе результатов

гигиенической оценки условий труда по критериям Руководства, дополненных отдельными клинико-физиологическими, лабораторными, экспериментальными данными (в том числе данными литературы);

- категория 2 (подозреваемый ПР) – на основе результатов гигиенической оценки условий труда по критериям Руководства.

## 2. ЭТАПЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА

Оценка риска, как правило, осуществляется в соответствии со следующими этапами: идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка зависимости «доза-ответ», характеристика риска.

Исходными данными для проведения расчетов по оценке ПР являются результаты:

- производственного контроля, проводимого согласно СП 1.1.1058-01;
- государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- санитарно-эпидемиологической оценки производственного оборудования и продукции производственного назначения;
- специальной оценки условий труда, проводимой в соответствии с Федеральным законом № 426-ФЗ от 28.12.2013.
- периодических медицинских осмотров работников в соответствии со ст. 213 Трудового кодекса РФ.

### 2.1. ОЦЕНКА УРОВНЕЙ РИСКА

Важным компонентом методологии оценки профессионального риска является определение границы допустимого (приемлемого) риска, не требующего применения дополнительных мер по его снижению.

Рекомендованная в публикациях ВОЗ, а также в методических документах РФ и ряда зарубежных стран система критериев допустимого риска приведена в таблице 1.

## Классификация уровней риска

Уровень риска	Индивидуальный пожизненный риск
<b>Высокий</b> – не приемлем для производственных условий и населения. Необходимо осуществление мероприятий по устранению или снижению риска	$> 10^{-3}$
<b>Средний</b> – допустим для производственных условий; при воздействии на все население необходимы динамический контроль и углубленное изучение источников и возможных последствий неблагоприятных воздействий для решения вопросов о мерах по управлению риском	$10^{-3} - 10^{-4}$
<b>Низкий</b> – допустимый риск (уровень, на котором, как правило, устанавливаются гигиенические нормативы для населения)	$10^{-4} - 10^{-6}$

## 3. РАСЧЕТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ПОТЕРИ СЛУХА

Основным вредным эффектом при воздействии шума на организм человека является риск потери слуха (ПС). В группы риска входят работники многих профессий: кузнецы, ткачи, горнорабочие и др.

Основными факторами риска в формировании ПС являются: экспозиция шума, возраст, наличие симптома «белых пальцев», потребление лекарств и уровень холестерина. Из средней величины ПС на частоте 4000 Гц, равной 27,3 дБ (средний стаж 16 лет), шум дал 17,8 дБ, возраст 7,6 дБ, симптом «белых пальцев» 1,5 дБ, потребление лекарств 1 дБ, уровень холестерина 0,5 дБ.

Методика расчета риска ПС от шума соответствует положениям стандарта ИСО 1999.2 (1990), которая учитывает пол, возраст, уровень шума и стаж работы в нем.

Уровень ПС, связанный с возрастом и шумом  $P$  работников, подверженных шуму, рассчитывают по формуле:

$$P = H + N - HN/120 \quad (1)$$

где:

- $H$  – уровень ПС, связанный с возрастом, дБА;
- $N$  – ПС, связанная с шумом, дБА.

Последний член формулы (1) начинает влиять при значениях

$$H + N > 40 \text{ дБА.}$$

Формула (1) применима только к соответствующим квантильным величинам  $P$ ,  $H$  и  $N$ : от 0,05 до 0,95 с шагом 0,05, опорные значения квантилей 0,1; 0,5 и 0,9. В математической статистике квантиль – значение, которое заданная случайная величина не превышает с фиксированной вероятностью. Оценка ПС для квантиля 0,9 означает, что 90 % лиц могут иметь данные ПС и выше (минимальные ПС); аналогично для квантиля 0,1 (максимальные ПС). Квантиль 0,5 отражает средние значения ПС.

Величину ПС, связанную с возрастом для мужчин и женщин для разных квантилей, определяют по табл. 4.

Величина ПС, обусловленная шумом, на речевых частотах (среднее арифметическое для частот 0,5, 1 и 2 кГц), в дальнейшем – на речевых частотах, для квантилей равна:

$$N = (u + v \times \lg S) \times (L_{\text{АЭКВ}} - L_0)^2, \quad (2)$$

где:  $S$  – стаж работы, лет;

Значения:  $S$ ,  $L_0$  принять из табл. 2;  $u$ ,  $v$  принять из табл. 3.

Знак  $\lg$  обозначает десятичный логарифм.

$L_{\text{АЭКВ}}$  – эквивалентный уровень звука, равный ПДУ, который согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 составляет 80 дБА и совпадает с нижней величиной экспозиции, требующей принятия мер по директиве Евросоюза 2003/10/ЕС.

### 3.1. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ

1. Номер Вашего варианта задания равен Вашему номеру в списке Вашей группы для номеров от 1 до 25. Для номеров  $N$  списка группы от 26 до 30 номер Вашего варианта равен  $N-25$  (таблица № 2).

2. С учетом исходных данных Вашего варианта (табл. 2) по табл. 4 с использованием метода интерполяции определить уровни ПС, связанные с возрастом, для каждого квантиля:  $H_{0,1}$ ,  $H_{0,5}$ ,  $H_{0,9}$ .

3. С использованием формулы (2) и данных табл. 3 определить уровни ПС, обусловленные шумом на речевых частотах, для каждого квантиля:  $N_{0,1}$ ,  $N_{0,5}$ ,  $N_{0,9}$ .

4. По формуле (1) рассчитать уровни ПС, связанные с возрастом и шумом для каждого квантиля:  $P_{0,1}$ ,  $P_{0,5}$ ,  $P_{0,9}$ .

5. С учетом суммарных значений  $P_{0,1}$ ,  $P_{0,5}$ ,  $P_{0,9}$  по табл. 5 определить степени ПС для каждого квантиля: I, II, III.

6. С учетом условий варианта и с использованием метода интерполяции по табл. 6, определить вероятность развития профессионального риска ПС у каждого работника.

### 3.2. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ПС

Например, требуется оценить вероятность ПС у рабочего (М) в возрасте 55 лет, работающего 30 лет в условиях труда, связанных с уровнем эквивалентного шума 100 дБА.

1. По табл. 4 методом экстраполяции определяем величину ПС у рабочего на речевых частотах в зависимости от возраста:

$$N_{0,1} = (16+22) / 2 = 19 \text{ дБА},$$

$$N_{0,5} = (5+8) / 2 = 6,5 \text{ дБА},$$

$$N_{0,9} = [(-4)+(-2)] / 2 = -3,0 \text{ дБА}.$$

2. По формуле (2) с использованием данных табл. 3 находим величины ПС в зависимости от шума и стажа на речевых частотах для квантилей 0,1; 0,5; 0,9:

$$N_{0,1} = (-0,030 + 0,096 \times \lg 30) \times (80 - 100)^2 = 44,8 \text{ дБА},$$

$$N_{0,5} = (-0,032 + 0,082 \times \lg 30) \times (80 - 100)^2 = 20,4 \text{ дБА},$$

$$N_{0,9} = (-0,020 + 0,022 \times \lg 30) \times (80 - 100)^2 = 5,0 \text{ дБА}.$$

3. По формуле (1) находим суммарный показатель ПС  $P$  для квантилей:

$$P_{0,1} = 44,8 + 19 - (19 \times 44,8 / 120) = 55,13 \text{ дБА}, \text{ т.к. } (44,8+19) > 40 \text{ дБА},$$

$$P_{0,5} = 20,4 + 6,5 = 26,9 \text{ дБА}, \text{ т.к. } (20,4+6,5) < 40 \text{ дБА},$$

$$P_{0,9} = 5,0 - 3,0 = 2,0 \text{ дБА}, \text{ т.к. } [(5,0)+(-3,0)] < 40 \text{ дБА}.$$

4. По значениям суммарных показателей ПС  $P$  для квантилей с использованием данных табл. 5 определяем степени ПС, которые соответствуют:

- для квантиля 0,1 при ПС = 55,13 дБА (31дБА и более), как «III степень (значительное снижение слуха)»;
- для квантиля 0,5 при ПС = 26,9 дБА (21-30 дБА), как «II степень (умеренное снижение слуха)»;
- для квантиля 0,9 при ПС = 2,0 дБА (менее 10 дБА), как «признаки воздействия шума на организм».

5. По данным табл. 6 с использованием метода интерполяции для мужчины 55 лет со стажем работы 30 лет в условиях труда, связанных с уровнем шума 100 дБА, вероятность развития профессиональной ПС в данном случае равна:

- для I степени  $(68+76) / 2 = 72 \%$ ;
- для II степени  $(41+48) / 2 = 44,5 \%$ ;
- для III степени  $(20+30) / 2 = 25 \%$ .

#### 4. ФОРМА ОТЧЕТА

1. Общие сведения (титульный лист):

- номер и название работы;
- Ф. И. О. студента;
- номер группы;
- дата выполнения работы;
- Ф. И. О. преподавателя.

2. Содержание отчета:

- Кратко описать цель работы;
- Провести необходимые расчеты по приведенным формулам;

- Заполнить итоговую таблицу:

Результаты расчета профессионального риска потери слуха

Студент \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_  
Фамилия

Вариант	Род	Н, дБА			N, дБА			P, дБА			Степень ПС			Вероятность ПС, %		
		01	05	09	01	05	09	01	05	09	01	05	09	I	II	III
	М															
	Ж															

3. Сделать выводы по работе: какова вероятность ПС у данных рабочих (М и Ж) на данном рабочем месте.
4. Письменно ответить на контрольный вопрос, номер которого равен номеру Вашего варианта.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 2

Исходные данные для расчета

Варианты	Пол	Возраст, лет	Стаж работы, S, лет	Уровень звука, $L_0$ , дБА
1	м	35	10	85
	ж	30	10	90
2	м	40	10	90
	ж	35	15	85
3	м	40	20	95
	ж	40	20	90
4	м	45	20	100
	ж	35	15	95
5	м	50	25	90
	ж	45	20	85
6	м	50	30	90
	ж	45	25	85
7	м	60	40	100
	ж	50	35	90
8	м	60	40	100
	ж	55	20	95
9	м	30	10	100
	ж	55	25	90
10	м	30	10	85
	ж	45	20	100
11	м	40	20	90
	ж	35	15	85
12	м	40	20	95
	ж	50	30	95
13	м	45	10	90
	ж	50	30	95
14	м	50	30	100
	ж	35	10	85
15	м	60	40	90
	ж	40	15	95
16	м	60	35	100
	ж	55	10	85
17	м	40	10	90
	ж	55	30	95

## Исходные данные для расчета

Варианты	Пол	Возраст, лет	Стаж работы, S, лет	Уровень звука, $L_0$ , дБА
18	м	40	10	100
	ж	35	15	90
19	м	40	20	95
	ж	30	10	100
20	м	40	20	85
	ж	50	30	100
21	м	50	20	90
	ж	45	25	95
22	м	50	25	100
	ж	40	15	95
23	м	60	30	100
	ж	35	10	85
24	м	50	20	95
	ж	45	25	90
25	м	60	40	100
	ж	55	35	100

Таблица 3

Значения статистических коэффициентов  $u$  и  $v$ 

Пол	Квантиль	$u$	$v$
М	0,1	- 0,030	0,096
	0,5	- 0,032	0,082
	0,9	- 0,020	0,022
Ж	0,1	- 0,024	0,090
	0,5	- 0,028	0,078
	0,9	- 0,016	0,018

Таблица 4

## Величина ПС в зависимости от возраста на речевых частотах

Пол	Квантиль	Возраст, лет			
		30	40	50	60
		$H_{\text{возр, ср. реч.}}$ , дБА			
М	0,9	- 6	- 5	- 4	- 2
	0,5	1	2	5	8
	0,1	10	12	16	22
Ж	0,9	- 6	- 5	- 4	- 2
	0,5	1	2	5	8
	0,1	9	12	15	21

Таблица 5

## Степени потери слуха

Степени ПС	Величина ПС на речевых частотах, дБА
Признаки воздействия шума на орган слуха	Менее 10
I степень (легкое снижение слуха)	10–20
II степень (умеренное снижение слуха)	21–30
III степень (значительное снижение слуха)	31 и более

Таблица 6

## Вероятность развития профессионального ПС, (%)

Возраст, лет	Стаж работы, лет											
	10			20			30			40		
	Степени снижения слуха *											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
$L_0 = 85$ дБА, 90 дБА												
30	12	0	0									
40	22	0	0	25	0	0						
50	33	0	0	35	3	0	37	3	0			
60	44	6	0	46	9	0	48	10	0			
$L_0 = 95$ дБА, 100 дБА												
30	39	17	0									
40	47	25	5	62	32	6						
50	50	28	7	62	36	15	68	41	20			
60	60	37	19	71	44	25	76	48	30	82	53	33

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое профессиональный риск?
2. Классы условий труда по факторам производственной среды.
3. Что включает в себя анализ профессионального риска?
4. Как проявляется действие вредных факторов при нарастании экспозиции их параметров?
5. Назовите вредные физические факторы.
6. Приведите вредные химические и биологические факторы.
7. Что включает в себя оценка риска?
8. Каковы категории доказанности риска?
9. Этапы оценки профессионального риска.
10. Исходные данные для проведения расчетов по оценке профессионального риска.
11. Классификация уровней риска.

12. Что такое шум?
13. Приведите акустические диапазоны шума.
14. Каковы значения речевых частот?
15. Действие шума на организм человека.
16. Что такое тугоухость и ее степени?
17. Основные факторы риска в формировании потери слуха.
18. Каково значение ПДУ эквивалентного уровня шума (уровень звука).
19. Что такое квантиль?
20. Что означает оценка потери слуха для квантиля 0,1; 0,5; 0,9?
21. Критерии степеней потери слуха.
22. Что такое профессиональное заболевание?
23. Сколько степеней проявления имеет тугоухость?
24. Что такое симптом «белых пальцев»?
25. Виды профессиональных заболеваний от воздействия шума.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки».
2. **Волкова А.А.** Безопасность жизнедеятельности : учебник / Волкова А.А., Шишкунов В.Г., Тягунов Г.В. Екатеринбург : УрФУ, 2013. 233 с.

# **Практическая работа № 19. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАГРЕВАЮЩЕГО МИКРОКЛИМАТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И УСЛОВИЯ ТРУДА РАБОТАЮЩИХ**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и интенсивности теплового излучения (ГОСТ 12.1.005-88) [2]. Требования этого ГОСТа установлены для рабочих зон – пространств высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих. Постоянным считается рабочее место, на котором человек находится более 50% рабочего времени (или более 2 ч непрерывно).

Факторы, влияющие на микроклимат можно разделить на две группы: нерегулируемые (комплекс климатообразующих факторов данной местности) и регулируемые (особенности и качество строительства зданий и сооружений, интенсивность теплового излучения от нагревательных приборов, кратность воздухообмена, количество людей в помещении и др.). Для поддержания параметров воздушной среды рабочих зон в пределах гигиенических норм решающее значение принадлежит факторам второй группы.

В зависимости от значений параметров микроклимат может быть комфортным (удовлетворяющим требованиям) и дискомфортным. Дискомфортный микроклимат может быть нагревающим (гипертермия) и охлаждающим (гипотермия).

Нагревающий микроклимат - сочетание параметров микроклимата (температура воздуха, влажность, скорость его движения, относительная влажность, интенсивность теплового излучения), при котором имеет место нарушение теплообмена человека с окружающей средой, выражающееся в

накоплении тепла в организме выше верхней границы оптимальной величины ( $> 0,87$  кДж/кг) и/или увеличении доли потерь тепла испарением пота ( $> 30$  %) в общей структуре теплового баланса, появлении общих или локальных дискомфортных теплоощущений (слегка тепло, тепло, жарко) [6].

На ряде производств (металлургическое, стекольное, химическое, хлебопекарное и др.), при работе в глубоких шахтах и рудниках человек в процессе труда может подвергаться воздействию тепловой нагрузки рабочей среды. При этом формируется неблагоприятное тепловое состояние организма. Под тепловым состоянием человека понимают функциональное состояние, характеризующееся содержанием и распределением тепла в глубоких («ядро») и поверхностных («оболочка») тканях организма, а также степенью напряжения механизмов терморегуляции. Большая роль в формировании теплового состояния человека, помимо параметров микроклимата, принадлежит продолжительности действия тепловой нагрузки, а также физической активности и одежде [1].

В соответствии с [2] значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются для рабочей зоны производственных помещений в зависимости от категории тяжести труда и периода года. Категории работ по тяжести труда приведены в приложении 1. В приложении 2 приведены нормированные значения параметров микроклимата оптимальные и допустимые для постоянных и непостоянных рабочих мест.

## 1. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Между человеком и окружающей его средой постоянно происходит теплообмен. Факторы окружающей среды воздействуют на организм комплексно и в зависимости от их конкретных значений вегетативные центры (полосатое тело, серый бугор промежуточного мозга) и ретикулярная формация (центр возбуждения в мозге, помогающий людям находиться в сознании, испытывать тревогу и быть внимательными), взаимодействуя с корой

головного мозга и посылая по симпатическим волокнам импульсы к мышцам, обеспечивают оптимальное соотношение процессов теплообразования и теплопередачи. В состоянии комфорта теплоотдача тела человека происходит на 45% излучением, 30% конвекцией и 25% испарением. При повышении температуры тела растет доля испарения, при понижении температуры возрастают доли конвекции и излучения.

### Влияние температуры

Температура – это основной фактор, от которого зависит жизнедеятельность организма. На организм человека влияет как температура тела, так и температура окружающего воздуха. Несмотря на то, что параметры микроклимата могут заметно колебаться, температура тела человека остается постоянной  $36,6^{\circ}\text{C}$ . Свойство человеческого организма поддерживать тепловой баланс называется терморегуляцией. Терморегуляцией организма называется совокупность физиологических и химических процессов, направленных на поддержание температуры тела в определенных пределах ( $36,1\text{--}37,2^{\circ}\text{C}$ ).

При температуре тела, выходящей за пределы  $26\text{--}40^{\circ}\text{C}$ , возможны необратимые процессы в организме. Максимальной считается температура  $42^{\circ}\text{C}$ , при которой происходит нарушение обмена веществ в тканях мозга; при  $45^{\circ}\text{C}$  разрушаются клетки тканей тела. Минимально допустимый уровень температуры тела  $11^{\circ}\text{C}$ , затем наступает ооченение органов.

При высоких температурах окружающего воздуха (гипертермии) в организме человека могут происходить негативные процессы. При повышении температуры тела до  $37^{\circ}\text{C}$  и выше происходит перегрев. При температуре  $40\text{--}46^{\circ}\text{C}$  через 2–3 ч возможен обморок, при  $46\text{--}47^{\circ}\text{C}$  через 4–6 ч – тепловой удар, при  $44\text{--}52^{\circ}\text{C}$  после 6–8 ч – истощение от обезвоживания, при  $40\text{--}48^{\circ}\text{C}$  через 24 ч – истощение от солевых потерь, при  $32\text{--}42^{\circ}\text{C}$  в течение 3–10 суток – отеки конечностей.

В отдельных случаях при высоких температурах воздуха производительность труда работающих может снизиться до 80 % в сравнении с

комфортными условиями. В свою очередь комфортные условия труда способствуют повышению производительности труда до 58 %.

При низких температурах воздуха возможно переохлаждение – понижение температуры тела до  $36^{\circ}\text{C}$  и ниже, что может вызвать гипотермию, проявляющуюся в отморожениях, невралгии, простудных заболеваниях, снижении иммунитета, замерзании.

#### Влияние относительной влажности

Комфортными для человека значениями относительной влажности являются 30–60 %. Воздух с относительной влажностью до 55 % принято считать сухим, при 56–70 % - умеренно сухим, при 71–85 % - умеренно влажным, при более 85 % - сильно влажным.

При относительной влажности 10 % и менее даже здоровые люди испытывают ощущение сухости в носоглотке, «резь» в глазах, может начаться носовое кровотечение. Тем не менее сухой воздух позволяет легче переносить низкие и высокие температуры.

При температуре  $+ 25^{\circ}\text{C}$  и более и одновременно влажном воздухе нарушается отдача тепла с поверхности кожи и организм может перегреться. Признаки избыточного тепла: ощущение сухости и тяжести, ухудшение самочувствия, понижение работоспособности. Постоянное пребывание человека в помещениях с высокой относительной влажностью ведет к снижению сопротивляемости организма к инфекционным и простудным заболеваниям, а также к более серьезным последствиям: заболеванию почек, туберкулезу, ревматизму и т.д.

Опасность высокой относительной влажности – в медленной скорости реакций. На протяжении многих лет жизни можно не замечать причины ухудшения здоровья, появлении различных болезней.

При низких значениях относительной влажности (менее 14 %) условия труда классифицируются как вредные [4].

## Влияние скорости движения воздуха

Скорость движения воздуха оказывает влияние на теплообмен человека. Минимальная скорость, которую ощущает человек, равна 0,2 м/с. При низкой температуре воздуха большая скорость его движения способствует охлаждению организма. При высокой температуре движущийся воздух увеличивает отдачу тепла за счет конвекции и испарения. Если температура воздуха больше температуры тела воздух вместо охлаждения способствует нагреванию организма. Высокие скорости движения воздуха (более 0,5 м/с) ведут к переохлаждению организма и могут вызвать простудные заболевания.

При скорости движения воздуха более 0,6 м/с условия труда классифицируют как вредные [4].

## 2. УСЛОВИЯ ТРУДА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ВРЕДНОСТИ И ОПАСНОСТИ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

Параметрами производственной среды, которые влияют на состояние здоровья человека являются следующие факторы: физические, химические, биологические. К физическим факторам относятся: микроклимат (температура, влажность, подвижность воздуха); электромагнитные поля различного волнового диапазона (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное – тепловое, лазерное и т.д.). По факторам производственной среды условия труда подразделяются на четыре класса [4]:

1-й класс – оптимальные условия труда, при которых сохраняется не только здоровье работающих, но и создаются условия для высокой работоспособности;

2-й класс – допустимые условия труда, когда уровни факторов среды не превышают установленных гигиенических нормативов, при этом возможные изменения функционального состояния организма проходят к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного воздействия на состояние работающих и их потомство;

3-й класс – вредные условия труда, имеющие четыре степени вредности. Они оказывают воздействие на организм человека и его потомство в зависимости от уровня превышения над нормативами;

4-й класс – опасные (экстремальные) условия труда, когда уровни факторов создают угрозу жизни и высокого риска тяжелых форм острых профессиональных заболеваний.

Для определения условий труда при превышении допустимых параметров согласно [3] используется индекс тепловой нагрузки (ТНС – индекс). ТНС – индекс является эмпирическим показателем, характеризующим сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха, интенсивности теплового излучения). ТНС – индекс рассчитывается по уравнению:

$$\text{ТНС} = 0,7 t_{\text{вл}} + 0,3 t_{\text{ш}}, \quad (1)$$

где:  $t_{\text{вл}}$  – температура смоченного термометра аспирационного психрометра

$t_{\text{ш}}$  - температура внутри зачерненного шара.

ТНС –индекс рекомендуется использовать при скорости движения воздуха  $v < 0,6$  м/с и интенсивности теплового излучения  $E < 1200$  Вт/м<sup>2</sup>.

Температура шарового термометра или, иными словами, температура внутри зачерненного шара измеряется термометром, который помещен в центр зачерненного полого шара:  $t_{\text{ш}}$  отражает влияние температуры воздуха, температуры поверхностей и скорости движения воздуха. Зачерненный шар должен иметь диаметр 90 мм, минимально возможную толщину и коэффициент поглощения 0,95. Погрешность измерения температуры внутри шара не более  $\pm 0,5$  °С [6].

Классы условий труда по показателям ТНС – индекса (° С) для рабочих помещений с нагревающим микроклиматом [4] приведены в приложении 6.

В приложении 2 приведены некоторые показатели, характеризующие верхнюю границу допустимого теплового состояния. (на 8-часовую рабочую смену). Здесь представлены критериальные показатели теплового состояния

человека, относящиеся к верхней границе предельно допустимого (классы 3.1 – 3.4) и являющиеся безопасными с позиции нарушения состояния здоровья только при строгой регламентации времени пребывания на рабочем месте в течение рабочей смены. При несоблюдении должного режима, что имеет место на ряде производств с нагревающим микроклиматом, развивается состояние хронического перегрева, который является причиной нарушения здоровья и увеличения риска смерти (приложения 7, 8).

### 3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Номер Вашего варианта задания равен Вашему номеру в списке Вашей группы для номеров от 1 до 24. Для номеров N списка группы от 25 до 30, номер Вашего варианта равен N-24 (приложение 10);

2. оформить титульный лист отчета о практической работе:

#### **Отчет**

по практической работе «Влияние параметров нагревающего микроклимата промышленных помещений на организм человека и условия труда работающих»

Студент \_\_\_\_\_ / ФИО \_\_\_\_\_ /

Группа № \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_ / ФИО \_\_\_\_\_ /

Дата \_\_\_\_\_

#### Часть 1 «Теория»

Ответить на контрольные вопросы.

#### Часть 2 «Расчеты»

2.1 Исходные данные - выписать в отчет данные варианта;

2.2 Результат определения показателей - результаты ответов по п.п. 2.3 – 2.12  
вписать в таблицу:

## Результаты определения показателей

Студент \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ Номер варианта \_\_\_\_\_  
 Фамилия

№ п/п.	№ пункта порядка проведения работы	Результат определения показателей
1	4.3	
2	4.4	
3	4.5	
4	4.6	
5	4.7	
6	4.8	
7	4.9	
8	4.10	
9	4.11	
10	4.12	

- 2.3 определить с учетом интенсивности энергозатрат организма за смену категорию работ по тяжести труда по приложению 1;
- 2.4 определить с учетом категории работ по тяжести труда, периода года и характеристики рабочего места оптимальные и допустимые параметры микроклимата по приложению 2;
- 2.5 определить продолжительность пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин по приложению 5;
- 2.6 сравнить значения заданных параметров варианта с нормативами (приложение 2) и сделать вывод о их допустимости нормам;
- 2.7 определить фактическое значение ТНС – индекса по формуле (1);
- 2.8 определить класс условий труда по показателю ТНС – индекса по приложению 7;
- 2.9 определить с учетом класса условий труда напряжение реакций терморегуляции, снижение работоспособности и производительности труда по приложению 4;
- 2.10 определить с учетом класса условий труда некоторые показатели здоровья работников после разных периодов работы по приложению 6;

2.11 определить с учетом класса условий труда относительный риск смерти от разных болезней по приложению 8;

2.12 определить с учетом класса условий труда влияние на организм острого теплового стресса по приложению 9.

### Часть 3 «Вывод»

В части 3 «Вывод» указать класс условий труда по ТНС – индексу (прил. 7).

Письменно ответить на контрольный вопрос, номер которого равен Вашему номеру в списке Вашей группы для номеров от 1 до 10. Для номеров N списка группы от 11 до 20, номер Вашего контрольного вопроса равен N-10. Для номеров N списка группы от 21 до 30, номер Вашего контрольного вопроса равен N-20.

## 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Параметры производственного микроклимата.
2. Характеристика постоянного рабочего места.
3. Что такое терморегуляция.
4. Что может происходить в организме человека при гипертермии.
5. К чему ведет постоянное пребывание человека в помещениях с высокой относительной влажностью.
6. Что могут вызвать у человека высокие скорости движения воздуха.
7. От чего зависит тепловой эффект на организм человека.
8. Классы условий труда по факторам производственной среды.
9. Какое действие на организм человека характеризует ТНС – индекс.
10. Что такое тепловое состояние человека.

## 5. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Волкова А.А.** Безопасность жизнедеятельности : учебник / Волкова А.А., Шишкунов В.Г., Тягунов Г.В. Екатеринбург : УрФУ, 2013. 233 с.
2. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
3. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
4. Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификации условий труда».
5. **Афанасьева Р.Ф.** Тепловая нагрузка среды и ее влияние на организм // Профессиональный риск для здоровья работников. (Руководство) / Под ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова. – М.; Тривант, 2003. – 448 с.
6. ГОСТ Р ИСО 7243-2007. Термальная среда. Расчет тепловой нагрузки на работающего человека, основанный на показателе WBGT (температура влажного шарика психрометра).

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Критерии работ по тяжести труда [4]

Категория	Интенсивность энергозатрат организма за смену, Вт
Легкая Ia	До 139
Легкая Ib	140 - 174
Средней тяжести IIa	175 - 232
Средней тяжести IIб	233 - 290
Тяжелая III	Более 290

Приложение 2

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений [4]

Период года	Категория работ	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		Оптимальная	допустимая				Оптимальная	Доп. на пост. и непост. не >	Оптимальная не >	Доп - я на пост. и непост. рабоч. местах
			Верхняя граница		Нижняя граница					
			На рабочих местах							
пост.	непост.	пост.	непост.	пост.	непост.					
Теплый выше + 10°С	Легкая Ia	23-25	28	30	22	20	40-60	55	0,1	0,1-0,2
	Легкая Ib	22-24	28	30	21	19	40-60	60	0,2	0,1-0,3
	Средней тяжести IIa	21-23	27	29	18	17	40-60	65	0,3	0,2-0,4
	Средней тяжести IIб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5
	Тяжелая III	18-22	26	28	15	13	40-60	75	0,4	0,2-0,6
Холодный + 10°С и ниже	Легкая Ia	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	≤ 0,1
	Легкая Ib	21-23	24	25	20	17	40-60	75	0,1	≤ 0,2
	Средней тяжести IIa	18-20	23	24	17	15	40-60	75	0,2	≤ 0,3
	Средней тяжести IIб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	≤ 0,4
	Тяжелая III	16-18	19	20	13	12	40-60	75	0,3	≤ 0,5

Приложение 4

Влияние тепловой нагрузки рабочей среды на функциональное состояние организма [4]

Класс условий труда по Р 2.2.2006-05	Превышение верхней границы оптимального уровня ТНС - индекса	Показатели теплового состояния		Снижение физической работоспособности, %	Снижение производительности труда, %	
		Накопление тепла в теле, кДж/кг	Напряжение реакций терморегуляции		Физическая работа	Умственная работа
1	-	± 0,87	Очень слабое (минимальное)	0	0	0
2	3,0	2,60	слабое	До 15	До 20,0	До 10
3	3.1	3,3	умеренное	До 19	До 22,0	До 12
	3.2	4,2	выраженное	До 25	До 27,9	До 22
	3.3	5,5	сильное	До 29	До 36,5	До 42
	3.4	8,0	5,5	Очень сильное	До 40	До 53,0
4	>8	≥ 7,0	Чрезмерное (опасное)	>40	>53	>85

Приложение 5

Продолжительность пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин [4]

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Продолжительность пребывания, не более при категориях работ, ч		
	Ia - Iб	IIa - IIб	III
32,5	1	-	-
32,0	2	-	-
31,5	2,5	1	-
31,0	3	2	-
30,5	4	2,5	1
30,0	5	3	2
29,5	5,5	4	2,5
29,0	6	5	3
28,5	7	5,5	4
28,0	8	6	5
27,5	-	7	5,5
27,0	-	8	6
26,5	-	-	7
26,0	-	-	8

Приложение 6

Влияние тепловой нагрузки среды на некоторые показатели здоровья работников (хронический тепловой стресс) в зависимости от длительности работы [4]

Класс условий труда по Р 2.2.2006-05	Превышение верхней границы оптимального уровня ТНС - индекса	Нарушение здоровья		
		После нескольких месяцев (недель) работы	После 1 года работы	
1	-	-	-	
2	3,0	-	-	
3	3.1	3,3	-	
	3.2	4,2	-	
	3.3	5,5	Тепловое истощение, головная боль, боли в животе, нарушение сна, раздражительность, тахикардия, сыпь, тошнота	Вегетососудистая дистония по кардиальному и гипертоническому типу. Гипертензия, снижение либидо и потенции, поражение миокарда, не злокачественные болезни органов пищеварения, гипохлоремия
	3.4	8,0	- " -	- " -
4	>8	- " -	- " -	

Приложение 7

Классы условий труда по показателю ТНС – индекса ( $^{\circ}\text{C}$ ) для рабочих помещений с нагревающим микроклиматом независимо от времени года [4]

Категория работ	Классы условий труда					
	допусти мый	вредный				Опасный (экстремаль- ный)
		3.1	3.2	3.3	3.4	
Ia	до 26,4	до 26,6	до 27,4	до 28,6	до 31,0	> 31,0
Iб	до 25,8	до 26.1	до 26,9	до 27,9	до 30,3	> 30,3
IIa	до 25.1	до 25.5	до 26,2	до 27,3	до 29,9	> 29,9
IIб	до 23,9	до 24.2	до 25,0	до 26,4	до 29,1	> 29,1
III	до 21,8	до 22.0	до 23,4	до 25,7	до 27,9	> 27,9

Влияние тепловой нагрузки среды на некоторые показатели здоровья работников (хронический тепловой стресс) [5]

Класс условий труда по Р 2.2.2006-05	Превышение верхней границы оптимального уровня ТНС - индекса	Относительный риск смерти от:			
		Болезней артерий, артериол, капилляров	Гипертонической болезни	Ишемической болезни сердца	
1	-				
2	3,0	0,96	8,2	-	
3	3.1	3,3	1,8	9,2	1,0
	3.2	4,2	2,6	10,4	1,8
	3.3	5,5	3,8	11,4	2,5
	3.4	8,0	6,2	14,4	6,2
4	>8,0	>6,2	>14,4	>6,2	

Влияние тепловой нагрузки среды на некоторые показатели здоровья работников (острый тепловой стресс) [4]

Класс условий труда по Р 2.2.2006-05	Превышение верхней границы оптимального уровня ТНС - индекса	Вид острого поражения	Риск теплового удара (число тепловых ударов на 1000 человек в год)	
			Не смертельный	смертельный
1	-			
2	3,0	-	-	-
3	3.1	-	-	-
	3.2	-	-	-
	3.3	-	0,333	-
	3.4	8,0	Тепловой обморок, коллапс. Тепловое истощение, не смертельный тепловой удар. Смертельный тепловой удар.	0,500
4	9		0,733	0,300
	10	- " -	0,930	0,330
	11		1,766	0,830

### Параметры вариантов заданий

№	Параметры	Ед-ца изм- я	вариант											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Температура в помещен. Т	<sup>0</sup> С	28,9	30,0	28,0	28,9	28,0	26,0	27,0	25,5	27,9	28,5	27,5	31,5
2	Относительная влажность, Ф	%	80	60	70	70	40	40	80	80	85	90	90	65
3	Скорость движения воздуха, υ	м/с	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,1	0,2
4	Характеристика рабочего места, вид труда		постоян. Умствен.	непостоян. Умствен.	непостоян. Физическ.	непостоян. Умствен.	постоян. Умствен	постоян. Физическ.	непостоян. Физическ.	постоян. Умствен.	непостоян. Физическ.	постоян. Умствен.	непостоян. Физическ.	постоян. Физическ.
5	Время года (теплый, холодный период)		тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.
6	Энергозатраты организма за смену	Вт	240	150	180	292	200	220	220	240	280	300	310	250
7	Показатель t <sub>вл</sub>	<sup>0</sup> С	25,0	25,3	24,9	26,6	25,1	24,5	24,4	23,2	23,9	24,7	26,4	27,5
8	Показатель t <sub>ш</sub>	<sup>0</sup> С	30,0	29,8	30,1	31,3	29,2	28,9	28,3	26,3	29	30,2	31,8	32,8
9	Оценить риск смерти от заболеваний		Гипертонической болезни	Ишемической болезни сердца	Болезней артерий, капилляров	Гипертонической болезни	Ишемической болезни сердца	Болезней артерий, капилляров	Гипертонической болезни	Ишемической болезни сердца	Болезней артерий, капилляров	Гипертонической болезни	Гипертонической болезни	Ишемической болезни сердца

## Параметры вариантов заданий

№	Параметры	Ед-ца изм-я	вариант											
			13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Температура в помещении, Т	°С	30,2	31,1	27,9	28,8	29,1	28,7	28,3	30,3	32,5	30,5	28,5	31,0
2	Относительная влажность, φ	%	70	70	40	65	80	80	75	80	80	75	70	75
3	Скорость движения воздуха, v	м/с	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	0,2	0,3
4	Характеристика рабочего места, вид труда		непостоян. Умствен.	непостоян. Умствен.	непостоян. Физическ.	постоян. Физическ.	постоян. Умствен	непостоян. Умствен.	постоян. Физическ.	непостоян. Физическ.	постоян. Физическ.	постоян. Физическ.	непостоян. Умствен.	непостоян. Умствен.
5	Время года (теплый, холодный период)		тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.
6	Энергозатраты организма за смену	Вт	180	280	300	220	220	240	290	300	230	330	310	280
7	Показатель t <sub>вл</sub>	°С	27,9	27,4	25,1	24,5	24,4	22,2	24,9	26,1	29,0	26,3	24,8	28,4
8	Показатель t <sub>ш</sub>	°С	32,1	32,8	29,2	28,9	31,3	28,3	30,3	33,3	33,0	30,8	29,5	32,1
9	Оценить риск смерти от заболеваний		Болезней артерий, капилляров	Гипертонической болезни	Ишемической болезни сердца	Болезней артерий, капилляров	Болезней артерий, капилляров	Ишемической болезни сердца	Гипертонической болезни	Гипертонической болезни	Гипертонической болезни	Ишемической болезни сердца	Болезней артерий, капилляров	Гипертонической болезни

Электронный образовательный текстовый ресурс

Шакирова Надежда Александровна  
Мушников Валерий Сергеевич  
Чекмарева Марина Аркадьевна  
Лихтенштейн Владимир Иосифович

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ  
ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**

Методическая разработка

**Подготовка к публикации** *Т.С. Веселова*  
**Компьютерная верстка** *В. И. Лихтенштейн*

Одобрено Методическим советом  
Разрешен к публикации  
Электронный формат – pdf  
Объем 2,1 уч.-изд. л.



620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19  
Информационный портал УрФУ  
<http://www.urfu.ru>

ЦНОТ ИТОО