

## 1. Безопасность и её анализ.

Безопасность – состояние объекта защиты, при котором воздействие на него всех потоков вещества, энергии и информации не превышает максимально допустимых значений. Вопросами безопасности занимались ученые древних времен: *Аристотель*, *Гиппократ*, немецкий врач и металлург *Агрикола*, *М.В.Ломоносов* (1711-1765), в 19 веке - *В.Л.Кирпичев* (1845-1913), *В.А.Левицкий* (1867-1936), *А.А.Скочинский* (1874-1960) и др.

В настоящее время эти вопросы также актуальны, на, что указывают большая аварийность и травматизм как на производстве, так и в быту. Любая опасность реализуется, принося ущерб, по какой-то одной или несколькими причинами. Предотвращение опасностей или защита от них базируются на знании причин. Причины и опасности образуют цепные структуры или системы. Графическое изображение таких зависимостей называется "деревом причин и опасностей".

Опасность есть следствие некоторой причины (причин), которая, в свою очередь, является следствием другой причины и т.д. Графическое изображение этих связей представляет собой как бы ветви дерева. При построении "дерева причин и опасностей" используют логические операции (вентили) "И" и "ИЛИ". Операция (или вентиль) "И" указывает, что для получения данного выхода необходимо соблюсти все условия на выходе. Вентиль "ИЛИ" означает, что для получения данного входа должно быть соблюдено хотя бы одно из условий на входе. Обеспечение абсолютной безопасности, т.е. обеспечение нулевого риска в действующих системах невозможно.

Повышение безопасности требует затрат средств. При увеличении затрат технический риск снижается, но растет социальный риск (уменьшаются затраты на медицину и пр. - меньше остается средств). Анализ безопасности может осуществляться априорно или апостериорно, т.е. до или после нежелательного события. При априорном анализе выбираются такие нежелательные события, которые являются потенциально возможными для данной системы и составляют набор различных ситуаций, которые могут привести к их появлению.

Целью апостериорного анализа является разработка рекомендаций по недопущению нежелательного события. Оба этих анализа дополняют друг друга. Применяется прямой и обратный методы анализа. Прямой метод анализа - это изучение причин для предвидения последствий. При обратном методе анализируются последствия, чтобы определить причины. Конечная цель анализа - предотвращение нежелательного события.

## 2. Профилактика вредного воздействия производственного шума. Основные направления и технические мероприятия по борьбе с шумом.

Шум, вибрация и ультразвук представляют собой колебания материальных частиц газа, жидкости или твердого тела. Производственные процессы часто сопровождаются значительным шумом, вибрацией и сотрясениями, которые отрицательно влияют на здоровье и могут вызвать профессиональные заболевания. Слуховой аппарат человека обладает разной чувствительностью к звукам различной частоты. Наибольшей чувствительностью - на средних и высоких частотах (800-4000 Гц) и наименьшей - на низких (20-100 Гц). Поэтому для физиологической оценки шума используют кривые равной громкости (рис. 1), полученные по результатам изучения свойств органа слуха, которые позволяют оценивать звуки различной частоты по субъективному ощущению громкости, т.е. судить о том, какой из них сильнее или слабее.

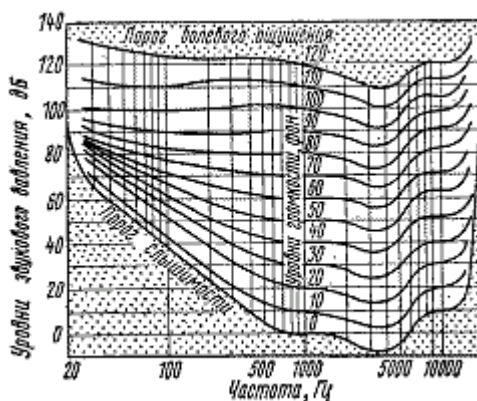


Рис. 30. График кривых равной громкости

Уровни громкости измеряются в фонах. На частоте 1000 Гц уровни громкости приняты равными уровням звукового давления. По характеру спектра шумы подразделяются на: - широкополосные - спектр больше одной октавы (октава, когда  $f_n$  отличается от  $f_k$  в 2 раза); - тональные - слышится один тон или несколько. По времени шумы подразделяются на постоянные (уровень за 8 час. раб. день изменяется не более 5 дБ) и непостоянные (уровень меняется за 8 час. рабочего дня не менее 5 дБ). Различают непостоянные шумы: - колеблющиеся во времени – постоянно изменяются по времени; - прерывистые - резко прерываются с интервалом 1 с. и более; - импульсные - сигналы с длительностью менее 1 с. Всякое возрастание шума над порогом слышимости увеличивает мускульное напряжение, значит повышает расход мышечной энергии. Под влиянием шума притупляется острота зрения, изменяются ритмы дыхания и сердечной деятельности, снижается трудоспособность, ослабляется внимание. Кроме того, шум вызывает повышенное раздражение и нервозность. Тональный (преобладает определенный тон) и импульсный (прерывистый) шумы более вредны для здоровья человека, чем широкополосный шум. В первую очередь, снижается

чувствительность на высоких частотах. Длительное воздействие шума приводит к глухоте, особенно с превышением уровня 85-90 дБ.

Для уменьшения уровней шума применяются нижеперечисленные технические, строительно-акустические и организационные мероприятия. Подавление шума в источниках: - замена ударных взаимодействий деталей безударными; - замена возвратно-поступательных движений вращательными; - создание форм деталей, плавно обтекаемых воздухом; - замена подшипников качения подшипниками скольжения; - замена штамповки прессованием, клепки - сваркой, обрубки - резкой; - замена прямозубых шестерней - на косозубые, шевронные; - повышение класса точности обработки деталей, шестерен; - замена зубчатых и цепных передач - клиноременными или зубчато-ременными; - применение принудительного смазывания трущихся поверхностей; - применение "малошумящих" материалов (капроновые, текстолитовые - менее шумные); - статическая и динамическая балансировка деталей; - применение глушителей шума, звукоизолирующих кожухов. Предупреждение распространения шума - звукоизоляция и звукопоглощение. При звукоизоляции уменьшается уровень шума, который распространяется за счет колебания преграды. Для звукоизоляции применяются плотные, жесткие, массивные перегородки. При этом ослабление зависит от массы перегородки, а не от ее материала. Большее ослабление достигается при слоистых перегородках, с воздушными промежутками между слоями. При звукопоглощении звук ослабляется за счет поглощения звуковой энергии в порах материала перегородки (войлок, вата, пемза). Наряду с пористыми материалами для звукопоглощения применяются специальные мастики, которыми покрываются перегородки и отдельные части машин. Строительные и организационные меры: увеличение расстояния от источника шума - концентрация цехов с большим уровнем шума и удаление их от других производственных помещений; - сокращение времени покрытие внутренних поверхностей помещения звукопоглощающими облицовками; - размещение в помещениях штучных звукопоглощателей (объемные тела заполненные звукопоглощающим материалом и подвешенные к потолку (рис. 2); так как интенсивность шума в помещениях зависит не только от прямого, но и отраженного звука, который может быть уменьшен за счет увеличения площади звукопоглощения помещения, закрытие машин звукоизоляционными кожухами (рис. 3); - устройство экрана (с покрытием их звукоизолирующими материалами) меж машиной и рабочим местом; - рациональный режим труда и отдыха; - сокращение времени нахождения в шумовых условиях; - контроль уровней шума на рабочих местах. В качестве звукопоглощающего материала применяют ультратонкое стекловолокно, капроновое волокно, минеральную вату, древесноволокнистые и минераловатные плиты, пористый поливинилхлорид и др. Толщина облицовок составляет - 20 - 200 мм. В низких помещениях облицовывают только потолок, т.к. стены в них практически не влияют на отражение звука, а в высоких и вытянутых помещениях — облицовывают как стены, так и потолок.

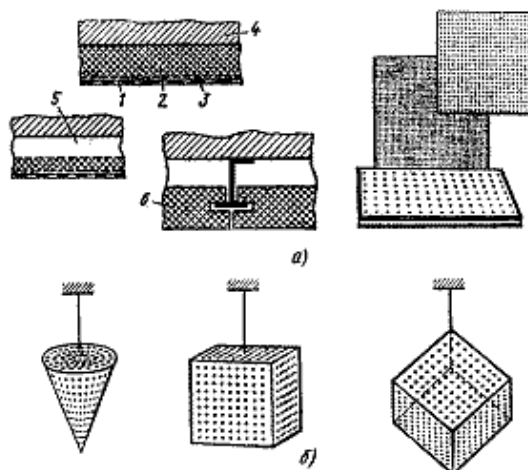


Рис. 2. Акустическая обработка помещений: а - звукопоглощающие облицовки; б - штучные звукопоглотители; 1 – защитный перфорированный слой; 2 – звукопоглощающий материал; 3 – защитная стеклоткань; 4 – стена или потолок; 5 – воздушный промежуток; 6 – плита из звукопоглощающего материала.

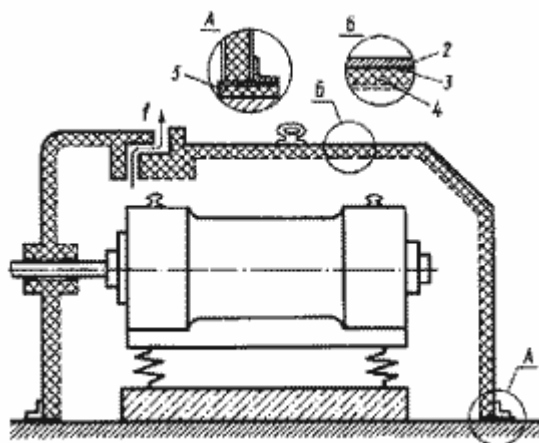


Рис. 3. Звукоизолирующий кожух:  
1 - отверстие для отвода тепла; 2 – упруговязкий материал; 3 – корпус;  
4 – звукопоглощающий материал; 5 – виброизолятор.

При некоторых производственных процессах, например, клепка, обрубка, штамповка, зачистка трудно или невозможно эффективно снизить шум. В этих случаях применяются средства индивидуальной защиты (ГОСТ 12.4.0.51 - Средства индивидуальной защиты органа слуха). Противошумы по 12.4.011 подразделяются на три типа: *наушники*, закрывающие ушную раковину; *вкладыши*, перекрывающие наружный слуховой канал (пробка); *шлемы*, закрывающие часть головы и ушную раковину. Наушники по способу крепления на голове подразделяются на: независимые (с оголовьем); встроенные в головной убор (каска, шлемы, косынки) или другое защитное устройство (респиратор, очки, щитки и т.п.). Вкладыши (мягкие тампоны из ультратонкого волокна, материала или из эбонита, резины) делятся на изделия многократного и одноразового пользования. Наушники и вкладыши делятся по ГОСТ 12.4.051 на группы А, Б, В по их эффективности в дБ в октавных полосах частот. На предприятиях зоны звука интенсивностью 85 дБ

(шкала А шумомера - замер без фильтров) должны обозначаться знаками безопасности и работающие в этих зонах должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах со звуковым давлением более 135 дБ в любой полосе частот. В технических условиях на машины и паспорт должны быть указаны значения шумовых характеристик машин, измерение шума проводится в соответствии с ГОСТ 12.1.003.

### **3. Охрана труда при работе с ЛВЖ.**

*Легковоспламеняющаяся жидкость* (ЛВЖ) это пожаро- и взрывоопасное вещество, способное самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющие температуру вспышки не выше 61°C; к взрывоопасным относятся ЛВЖ, у которых температуры вспышки не превышает 61 °С, а давление паров при температуре 20°C составляет менее 100 кПа (около 1 ат).

ЛВЖ хранятся в резервуарах, которые подразделяются на: - заглубленные (подземные) - уровень жидкости ниже прилегающей площадки не менее чем на 0.2 м; - полузаглубленные (полуподземные) - заглубленные не менее чем на половину их высоты, а верхний уровень жидкости не выше 2 м от поверхности территории; - наземные.

К самостоятельной работе с легковоспламеняющимися жидкостями допускаются лица старше 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний для данного вида работ, вводный и первичный на рабочем месте инструктажи по охране труда, обучение безопасным методам и приемам работы, стажировку на рабочем месте и проверку знаний требований охраны труда. Персонал должен иметь токсикологические характеристики на легковоспламеняющиеся жидкости, с которыми приходится работать.

Не реже одного раза в 6 месяцев персонал, допущенный к работе с легковоспламеняющимися жидкостями, должен проходить повторный инструктаж на рабочем месте по охране труда, не реже одного раза в год – очередную проверку знаний требований охраны труда, периодический медосмотр – в соответствии с законодательством Российской Федерации. Рабочий проходит внеплановый инструктаж: при изменении технологического процесса или правил по охране труда, замене или модернизации приспособлений и инструмента, изменении условий и организации труда, при нарушениях инструкций по охране труда, перерывах в работе более чем на 60 календарных дней (для работ, к которым предъявляются повышенные требования безопасности – 30 календарных дней).

При работе с легковоспламеняющимися жидкостями персонал обязан: соблюдать Правила внутреннего трудового распорядка; соблюдать требования настоящей инструкции, инструкции о мерах пожарной безопасности, инструкции по электробезопасности; использовать по

назначению и бережно относиться к выданным средствам индивидуальной защиты; соблюдать правила личной гигиены, перед приемом пищи необходимо мыть руки с мылом; уметь оказывать первую помощь пострадавшему, знать место нахождения аптечки, а также уметь пользоваться средствами пожаротушения и знать место их нахождения.

Курить разрешается только в специально отведенном и оборудованном для этого месте, принимать пищу разрешается в комнате отдыха и приема пищи. Пить воду только из специально предназначенных для этого установок.

Работы с использованием легковоспламеняющихся жидкостей должны проводиться в специально отведенных для этого местах, а рабочее место должно быть специально оборудовано. Рабочая поверхность стола должна быть выполнена из огнестойкого материала и иметь сплошные бортики. Для работы с легковоспламеняющимися жидкостями должна использоваться лабораторная посуда из толстостенного стекла. Не допускается использовать тонкостенную стеклянную посуду. Работы с легковоспламеняющимися жидкостями следует проводить в вытяжном шкафу при включенной вентиляции и выключенных электронагревательных приборах. Запрещается оставлять без присмотра работающие установки, включенные электронагревательные приборы и т. п.

Металлический ящик для хранения легковоспламеняющихся жидкостей должен быть с плотно закрывающейся крышкой, стенки и дно ящика необходимо выложить асбестом. Ящик должен стоять на полу, вдали от проходов и нагревательных приборов, но к нему должен быть удобный подход.

Для контроля за нормами хранения органических растворителей на внутренней стороне крышки ящика делают четкую надпись с указанием наименований горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и обшей допустимой нормы их хранения для данного помещения.

Персонал должен быть обеспечен специальной одеждой, обувью и другими средствами индивидуальной защиты в соответствии с действующими Нормами выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты (СИЗ). Пользоваться защитными средствами, срок годности которых истек, не допускается.

Во время выполнения работ каждый сотрудник обязан выполнять требования санитарных норм и правила личной гигиены. Все служебные и вспомогательные помещения должны содержаться в чистоте. Не разрешается выливать в раковины отходы легковоспламеняющихся жидкостей, химических реактивов, органических растворителей. Отходы легковоспламеняющихся жидкостей собирают в отдельные емкости и в конце рабочего дня выносят в специально отведенное для этой цели место.

Работник обязан немедленно извещать непосредственного руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, об ухудшении

своего здоровья, в том числе о появлении острого профессионального заболевания (отравления).

#### **4. Действие токсичных веществ на организм человека.**

Вредные химические вещества способны проникать в организм человека тремя путями: через дыхательные пути (основной путь), а также через кожу и с пищей, если человек принимает ее, находясь на рабочем месте. Действие этих веществ следует рассматривать как воздействие опасных или вредных производственных факторов, так как они оказывают негативное (токсическое) действие на организм человека, в результате которого у человека возникает отравление — болезненное состояние, тяжесть которого зависит от продолжительности воздействия, концентрации и вида вредного вещества.

Существуют различные классификации вредных веществ, в зависимости от их действия на человеческий организм. В соответствии с наиболее распространенной (по Е.Я. Юдину и С.В. Белову) классификацией вредные вещества делятся на шесть групп: общетоксические, раздражающие, сенсibilизирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную (детородную) функцию человеческого организма.

Общетоксические химические вещества (углеводороды, спирты, анилин, сероводород, синильная кислота и ее соли, соли ртути, хлорированные углеводороды, оксид углерода) вызывают расстройства нервной системы, мышечные судороги, нарушают структуру ферментов, влияют на кроветворные органы, взаимодействуют с гемоглобином.

Раздражающие вещества (хлор, аммиак, диоксид серы, туманы кислот, оксиды азота и др.) воздействуют на слизистые оболочки, верхние и глубокие дыхательные пути.

Сенсibilизирующие вещества (органические азокрасители, диметиламиноазобензол и другие антибиотики) повышают чувствительность организма к химическим веществам, а в производственных условиях приводят к аллергическим заболеваниям.

Канцерогенные вещества (асбест, нитроазосоединения, ароматические амины и др.) вызывают развитие всех видов раковых заболеваний. Этот процесс может быть отдален от момента воздействия вещества на годы, и даже десятилетия.

Мутагенные вещества (этиленамин, окись этилена, хлорированные углеводороды, соединения свинца и ртути и др.) оказывают воздействие на неполовые (соматические) клетки, входящие в состав всех органов и тканей человека, а также на половые клетки (гаметы). Воздействие мутагенных веществ на соматические клетки вызывает изменения в генотипе человека, контактирующего с этими веществами. Они обнаруживаются в отдаленном периоде жизни и проявляются в преждевременном старении, повышении общей заболеваемости, злокачественных новообразований. При воздействии на половые клетки мутагенное влияние сказывается на последующее

поколение. Это влияние оказывают радиоактивные вещества, марганец, свинец и т.д.

Химические вещества, влияющие на репродуктивную функцию человека (борная кислота, аммиак, многие химические вещества в больших количествах), вызывают возникновение врожденных пороков развития и отклонений от нормальной структуры у потомства, влияют на развитие плода в матке и послеродовое развитие и здоровье потомства.

Основные методы защиты от вредных веществ на химически опасных предприятиях заключаются:

1. В исключении или снижении поступления вредных веществ в рабочую зону и в определенную среду.
2. В применении технологических процессов, исключаящих образование вредных веществ (замена пламенного нагрева электрическим, герметизация, применение экобиозащитной техники).

Один из способов защиты человека от воздействия вредных веществ является нормирование, или установление ПДК - предельно - допустимой концентрации, которая при ежедневной работе в течение всего рабочего стажа не вызывает заболеваний или нарушений здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Различают максимально разовые (воздействующие в течение 20 минут), среднесменные и среднесуточные ПДК. Для веществ с неустановленными ПДК временно вводятся ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ), которые должны пересматриваться через 3 года с учетом накопленных данных или заменяться ПДК.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов/Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.; Под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983, 432 с., ил.
2. Салов А.И. Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта: Учебник для студентов автомоб.-дор. вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1985. – 351 с., ил., табл.
3. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов / Под ред. Б.А. Князевского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 336 с., ил.
4. Пчелинцев В.А. и др. Охрана труда в строительстве: Учеб. для строит. вузов и фак. – М.: Высш. шк., 1991. – 272 с.: ил.
5. Воронина А.А., Шибенко Н.Ф. Техника безопасности при работе в электроустан-овках. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1974 г. – 232 с. с ил.
6. Седельников Ф.И. Безопасность жизнедеятельности (охрана труда): Учебное пособие. – Вологда: ВоГТУ, 2001. – 260 с.: ил.

### Задача 1.

Вариант 06.

Рассчитать общее искусственное освещение производственного помещения, исходя из нормы по разряду зрительной работы и безопасности труда по следующим исходным данным:

Исходные данные:

Размеры помещения  $A \times B \times H$ , м.

Напряжение осветительной сети 220 В.

Коэффициенты отражения потолка и стен, %

Источник света газоразрядные лампы.

Особенности помещения (состояние воздушной среды)

Характеристика выполняемой зрительной работы (разряд, подразряд).

Исходные данные:

Размеры помещения

длина  $A$  м

ширина  $B$ , м

высота  $H$ , м

$A = 20$  м

$B = 9$  м

$H = 4$  м

Коэффициент отражения:

потолка, %

стен, %

70%

50%

Особенности помещения

C

Разряд, подразряд зрительной работы

4А

Решение:

1. Определение расчетной высоты подвеса светильника:

$$h = H - h_p - h_c = 4 - 0.8 - 0.5 = 2.7 \quad \text{м}$$

где  $h_p = 0.8 \dots 1.0$  м высота рабочей поверхности над полом;

$h_c = 0.02 \dots 0.5$  м расстояние светового центра светильника от потолка (свес.)

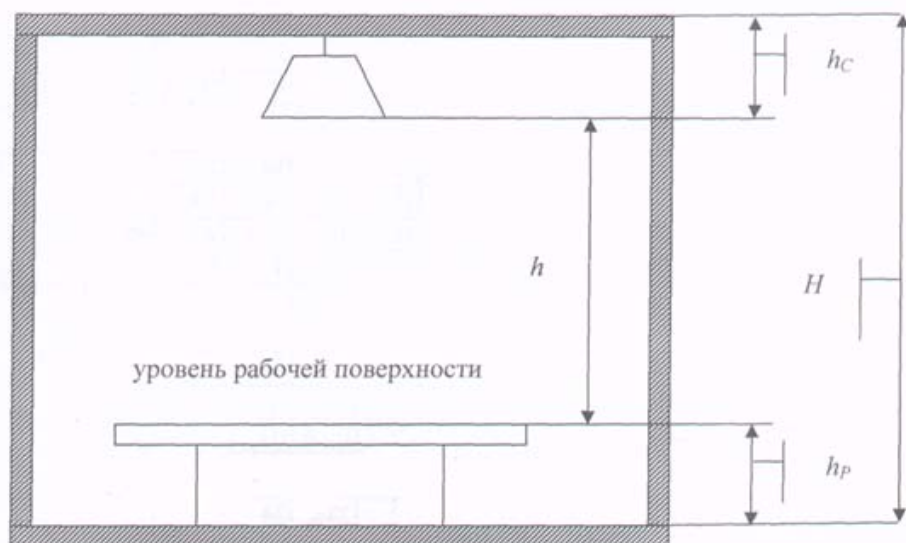


Рис. 1. Определение высоты подвеса светильников.

2. Оптимальное расстояние между светильниками при многорядном расположении определяется:

$$L = 1.5 \cdot h = 1.5 \cdot 2.7 = 4.05 \quad \text{м}$$

3. Определение индекса площади помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{20 \cdot 9}{2.7 \cdot (20 + 9)} = 2.29885$$

4. Определение требуемого количества ламп методом светового потока:

$$n = \frac{E \cdot K_3 \cdot A \cdot B \cdot Z}{\Phi \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 9 \cdot 1.2}{23000 \cdot 0.4} = 9.3913 \quad \text{шт}$$

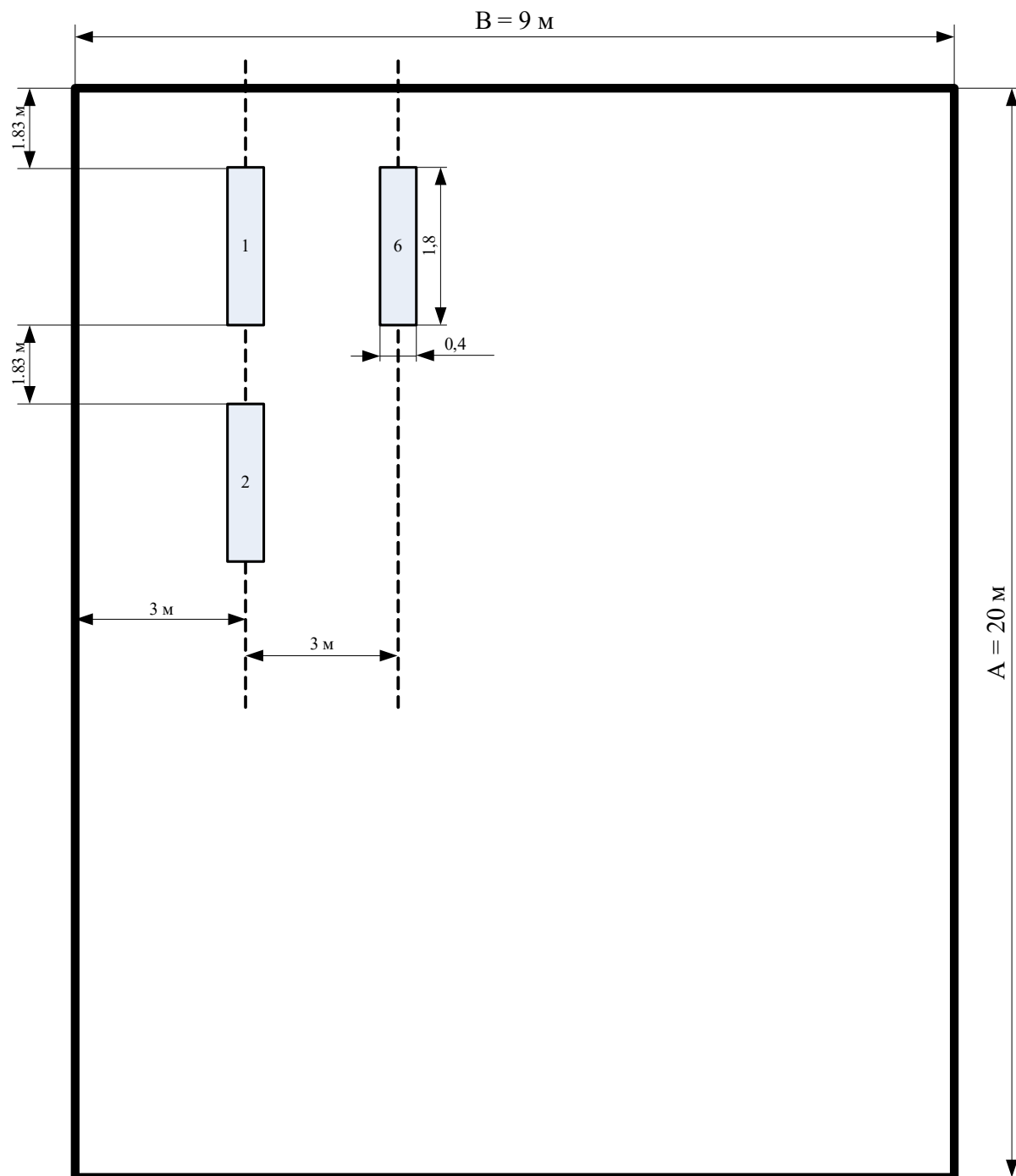
где  $E$  освещенность, определяется по разряду и подразряду работы таблицы 1 СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение;  $K_3$  коэффициент запаса принять по СНиП 23-05-95, по усмотрению студента;  $A \times B$  площадь цеха,  $\text{м}^2$ ;  $Z$  коэффициент неравномерности освещения;  $\eta$  коэффициент использования светового потока.

5. Составляем эскиз помещения и указать расположение светильников.

Примем число ламп равное 10.

**Ответ:** в результате проделанных расчетов получено количество ламп, необходимое для обеспечения нормы освещения по разряду зрительной работы; приведен план размещения светильников.

### Эскиз помещения



Всего светильников – 10.

Количество рядов – 2.

Количество светильников в одном ряду – 5.

Тип источника света - светодиодный.

Световой поток - 23000 lm.

Количество светодиодов – 480 шт.

## **Расчет заземления.**

### **Вариант 06.**

Цель расчета заземления - определить число и длину вертикальных элементов (соединительных шин) и разместить заземлитель на плане электроустановки, исходя из регламентированных правилами значений допустимых сопротивлений заземления, напряжения прикосновения и шага максимального потенциала заземлителя или всех указанных величин.

#### **Исходные данные:**

$$U_{\phi} = 10000 \text{ В}$$

$$S = 180 \cdot 10^3 \text{ В} \cdot \text{А}$$

$$l_B = 3 \text{ км}$$

$$l_K = 5 \text{ км}$$

Тип грунта - глина

Влажность грунта - сухой

$$\rho_{\text{изм}} = 2.3 \cdot 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$l = 7.4 \text{ м}$$

$$d = 0.02 \text{ м}$$

$$H_0 = 0.8 \text{ м}$$

#### **Решение:**

1. Определяется расчетный ток замыкания на землю. Ток замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью напряжением свыше 1000 (В):

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}}{Z} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10000}{100} = 173.205 \text{ А}$$

где:  $U_{\phi}$  - фазное напряжение, (В);

$Z$  - сопротивление изоляции сети относительно земли, Ом.

Если  $Z$  неизвестно то принимается  $Z = 100 \text{ Ом}$

2. Определяется норма на сопротивление заземления  $R_H$  (по ПУЭ) в зависимости от напряжения, режима нейтрали, мощности и других данных электроустановки.:

$$R_3 = 10 \text{ Ом}$$

3. Определяется расчетное удельное сопротивление грунта с учетом климатического коэффициента

$$\rho_p = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi$$

где  $\rho_{\text{изм}}$  - удельное сопротивление грунта, полученное измерением;

$\psi = 1.2$  - климатический коэффициент, принимается из таблицы.

$$\rho_p = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi = 2.3 \cdot 10^2 \cdot 1.2 = 276.0 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

4. Определяется сопротивление естественных заземлителей:

$$R_{\text{ест}} = \frac{\rho_p}{2\pi \cdot l} \cdot \left( \ln \left( \frac{4 \cdot l}{d} \right) \right) = \frac{276.0}{2 \cdot \pi \cdot 7.4} \cdot \ln \left( \frac{4 \cdot 7.4}{0.02} \right) = 43.33 \quad \text{Ом}$$

Если сопротивление естественных заземлителей не превышает норму ( $R_e < R_3$ ), то устройства искусственных заземлителей не требуется и расчет на этом заканчивается. Если естественные заземлители отсутствуют или их сопротивление велико ( $R_e > R_3$ ), то необходимо соорудить искусственные заземлители, которые включаются параллельно естественным.

5. Определяется сопротивление искусственного заземлителя (считается, что искусственные и естественные заземлители соединены параллельно и общее их сопротивление не должно превышать норму).

$$R_{\text{и}} = \frac{R_{\text{ест}} \cdot R_3}{R_{\text{ест}} + R_3} = \frac{43.33 \cdot 10}{43.33 + 10} = 8.0003 \quad \text{Ом}$$

6. По формулам таблицы 3 определяется сопротивление одиночного вертикального заземлителя  $R_{\text{ст. од.}}$  с учетом расчетного удельного сопротивления грунта.

Сопротивление одиночного вертикального стержневого заземлителя, заглубленного ниже уровня земли на  $H_0 = 0,7$  м, по формулам:

$$H = H_0 + \frac{1}{2} = 0.8 + \frac{7.4}{2} = 4.5 \quad \text{м}$$

$$R_{\text{овс}} = \frac{\rho_p}{2\pi \cdot l} \cdot \left( \ln \left( \frac{2 \cdot l}{d} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left( \frac{4H + 1}{5H - 1} \right) \right) = \frac{276.0}{2 \cdot \pi \cdot 7.4} \cdot \left( \ln \left( \frac{2 \cdot 7.4}{0.02} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left( \frac{4 \cdot 4.5 + 7.4}{5 \cdot 4.5 - 7.4} \right) \right) = 40.76$$

$$R_{\text{овс}} = 40.76 \quad \text{Ом}$$

7. Определение сопротивления полосы (без учета коэффициента использования), соединяющей одиночные вертикальные стержни заземлителя:

$b = 0.02$  - ширина полосы.

$$R_{\text{пол}} = \frac{\rho_p}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot H} \right) = \frac{276.0}{2 \cdot \pi \cdot 7.4} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot 7.4^2}{0.02 \cdot 4.5} \right) = 42.17 \quad \text{Ом}$$

8. Ориентировочное определение коэффициента использования заземлителей  $\eta_{\text{исп}}$  без учета влияния соединительной полосы. С этой целью предварительно принимается 20 шт. заземлителей. Тогда по таблице этот коэффициент равен 0,74...0,79, принимаем:

$$\eta_{\text{исп}} = 0.75$$

9. Предварительное определение количества заземлителей:

$$n_3 = \frac{R_{\text{овс}}}{\eta_{\text{исп}} \cdot R_3} = \frac{40.76}{0.75 \cdot 10} = 5.435 \quad \text{шт}$$

10. Определение коэффициента использования соединительной полосы. По таблице принимается:

$$\eta_{\text{п}} = 0.85$$

11. Определения сопротивления соединительной полосы с учетом коэффициента использования:

$$R_{\text{пол\_ки}} = \frac{R_{\text{пол}}}{\eta_{\text{п}}} = \frac{42.17}{0.85} = 49.6118 \quad \text{Ом}$$

10. Определение требуемого сопротивления заземлителей:

$$R_{\text{овс\_ки}} = \frac{R_{\text{пол\_ки}} \cdot R_3}{R_{\text{пол\_ки}} + R_3} = \frac{49.6118 \cdot 10}{49.6118 + 10} = 8.32248 \quad \text{Ом}$$

11. Определение уточненного количества заземлителей с учетом коэффициента использования заземлителей:

$$n_3 = \frac{R_{\text{овс}}}{\eta_{\text{исп}} \cdot R_{\text{овс\_ки}}} = \frac{40.76}{0.75 \cdot 8.32248} = 6.53 \quad \text{шт}$$

Выбираем 7 штук.

**Заключение:** по результатам расчета выяснилось, что для заземления электроустановки с заданными параметрами необходимо 7 стержней в грунте. При приведенном методе расчета заземления не учитывается неоднородность грунта, что приводит к значительным погрешностям.