

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра инженерной психологии и эргономики

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА

*Рекомендовано УМО по аграрному техническому образованию
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования по специальности
1-59 80 01 «Охрана труда и эргономика»*

Минск БГУИР 2023

УДК 331.45(076)
ББК 65.246я73
С40

Авторы:

О. С. Рышкель, М. А. Бобровничая, Н. В. Щербина, О. Л. Ломонос

Рецензенты:

кафедра управления охраной труда
учреждения образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет»
(протокол № 2 от 13.09.2021);

заведующий кафедрой охраны труда
Белорусского национального технического университета
доктор технических наук, профессор А. М. Лазаренков

С40 **Система** управления охраной труда : учеб.-метод. пособие / О. С. Рышкель
[и др.]. – Минск : БГУИР, 2023. – 79 с. : ил.
ISBN 978-985-543-683-7.

Содержит теоретический материал и практические работы, тематика которых посвящена оценке опасностей и рисков в условиях производственной деятельности. Каждая практическая работа включает в себя теоретические сведения, методику выполнения практических заданий, краткие задания для самостоятельной работы, вопросы для самоконтроля.

УДК 331.45(076)
ББК 65.246я73

ISBN 978-985-543-683-7

© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
1. Требования к системе управления охраной труда на предприятии	6
2. Идентификация опасностей на предприятии и оценка рисков	7
3. Планирование мероприятий по обеспечению производственной безопасности.....	14
4. Обучение, квалификация и компетентность работников	18
5. Подготовленность к аварийным ситуациям.....	22
Список использованных источников	23
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
Практическая работа № 1. Оценка опасностей и рисков на промышленном предприятии.....	26
Практическая работа № 2. Оценка опасностей и рисков, разработка мер по их предотвращению при работе с вредными веществами.....	38
Практическая работа № 3. Оценка опасностей и рисков, разработка мер их предотвращению при работе под воздействием шума.....	48
Практическая работа № 4. Оценка опасностей и рисков при эксплуатации автомобилей на электрической тяге.....	59
Практическая работа № 5. Оценка опасностей и рисков на предприятии атомной электростанции	65
Приложение	72

ВВЕДЕНИЕ

Каждому специалисту необходимо знать о рисках на производстве, чтобы умело и грамотно предупреждать угрозу возникновения любых опасностей в трудовой жизни и устранять последствия их проявления.

В связи с этим особую значимость и приоритетность приобретают знания в области дисциплины государственного компонента, модуля «Охрана труда», в частности, дисциплины «Система управления охраной труда». Ее изучение имеет целью приобретение знаний о мероприятиях (технических, организационных, лечебно-профилактических, гигиенических, социальных и экономических), методах и средствах, направленных на организацию деятельности по обеспечению безопасности жизни и здоровья работающего человека, таких как выявление и оценка опасностей и рисков на производстве, травматизма работников, принятие мер по их уменьшению, а также постоянный мониторинг в области системы управления охраной труда (СУОТ).

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой учреждения высшего образования по дисциплине «Система управления охраной труда». Оно включает в себя теоретическую, лекционную часть, практические работы.

В теоретической части приводятся сведения, ориентированные на изучение и закрепление знаний о базовых понятиях по основным разделам охраны труда (ОТ). Тематика практических работ связана с оценкой опасностей и рисков в условиях производственной деятельности, а именно с оценкой опасностей и рисков на промышленном предприятии и предприятии атомной электростанции, а также при эксплуатации автомобилей на электрической тяге; с разработкой мер по их предотвращению при работе с вредными веществами и при работе под воздействием шума. В этой части содержатся практические задания, задания для самостоятельной работы и вопросы для самоконтроля.

Освоение материала данного учебно-методического пособия будет способствовать повышению фундаментальной подготовки специалистов. В профессиональной деятельности это поможет им выявлять и оценивать опасности на производстве, разрабатывать и применять эффективные мероприятия по их снижению, а также проводить мониторинг результативности в области системы управления охраной труда.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Между охраной труда и системой управления охраной труда необходимо проводить грань, потому что они во многом отличаются друг от друга.

Охрана труда – это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работающих в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-противоэпидемические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия и средства [1, 4, 6, 8].

В области охраны труда есть свои особенности. В первую очередь огромное внимание уделяется вопросам создания оптимальных и безопасных условий труда, которые позволяют сохранить здоровье и жизнь каждого работника. Любой руководитель несет ответственность за своего подчиненного.

Решение задач охраны труда имеет комплексный характер. Все действия основаны на республиканских, территориальных и отраслевых целевых программах по улучшению условий труда. При этом обязательно учитываются другие направления социальной и экономической политики.

Важным является обеспечение социальной защиты работника (возмещение вреда при несчастных случаях на производстве и профессиональных заболеваний). Управление охраной труда осуществляется с использованием экономических методов при активном участии государства в финансировании мероприятий по улучшению условий труда.

Обязательными в области охраны труда являются информирование граждан и обучение работающих.

Особенность охраны труда в том, что постоянно осуществляется взаимодействие республиканских органов и организаций, местных исполнительных и распорядительных органов, профессиональных союзов, работодателей и работников. Для улучшения условий и безопасности труда широко используется международный опыт.

Отсюда следует, что охрана труда является частью государственной политики. Она соответствует характеру и масштабу рисков организации, обеспечивает основу для установления и анализа своих целей. В то же время охрана труда является неотъемлемой составной частью системы управления охраной труда (для осуществления политики охраны труда, т. е. организации управления рисками).

Система управления охраной труда – это регламентированная законодательством совокупность организационных, технических, гигиенических, лечебно-профилактических и социально-экономических мероприятий, методов и средств управления, направленных на организацию деятельности по обеспечению безопасности, сохранению жизни, здоровья и работоспособности человека в процессе труда, включающих в себя выявление производственных опасностей, оценку рисков гибели и травматизма работников, разработку и реализацию эффективных мер по их снижению, а также осуществление постоянного мониторинга и измерение результативности в области охраны труда [1, 4, 6].

Система управления охраной труда имеет руководство, в котором регламентируется процедура управления безопасными условиями труда в организации и ее структурных подразделениях.

Для внедрения СУОТ на предприятии необходимо пройти несколько этапов (стадий). Вначале проводится анализ уже существующей системы управления. Далее она проходит корректировку, а если она отсутствует, то разрабатывается и внедряется заново. Обязательным мероприятием при создании и внедрении СУОТ на предприятии является проведение ее самооценки или сертификации с привлечением внешней организации.

Одной из стадий процесса внедрения является контроль за состоянием условий труда на предприятии и функционированием СУОТ. Однако в первую очередь она позволяет выявлять производственные опасности, давать оценку рискам гибели и травматизма работников, а также разрабатывать и реализовывать эффективные меры по их снижению [1, 4, 6].

В целом, созданная и внедренная СУОТ конкретно отражает специфику деятельности организации и подробно описывает процедуры, касающиеся охраны труда, с привязкой к структуре, штату, производственным процессам. Она определяет должностные обязанности руководителей и специалистов.

Разработка и внедрение системы управления охраной труда в организациях Беларуси является обязательным требованием законодательства. За нарушение требований по охране труда законодательством Республики Беларусь предусмотрена административная и уголовная ответственность.

Разработанная и внедренная на предприятии система управления охраной труда позволяет:

- выявить производственные опасности;
- дать оценку рискам гибели и травматизма работников;
- предупредить и предотвратить несчастные случаи на производстве;
- снизить риск профессиональных заболеваний;
- разработать и реализовать эффективные меры по снижению затрат на мероприятия, связанные с ОТ.

2. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ И ОЦЕНКА РИСКОВ

Опасные и вредные производственные факторы. В мире ежегодно в процессе трудовой деятельности большое количество людей страдает от заболеваний, связанных с неблагоприятными условиями труда. Работники получают травмы в результате несчастных случаев, в том числе и со смертельным исходом.

В определенных условиях любое явление, процесс, объект, свойства предметов способны причинить ущерб здоровью человека. При этом источниками опасностей могут быть не только действия людей, но и естественные природные процессы и явления, техногенная среда.

Первостепенным действием на любом предприятии должно быть выявление опасных и вредных производственных факторов и соответствующих им профессиональных рисков, связанных с прошлыми, настоящими или планируемыми видами деятельности организации.

Опасный производственный фактор (ОПФ) – это такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме, острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья, смерти [1, 8].

Вредный производственный фактор (ВПФ) – это такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению трудоспособности и (или) отрицательному влиянию на здоровье потомства [1, 8].

Опасные и вредные производственные факторы трудового процесса бывают:

- *физические* (движущиеся машины и механизмы, искры и брызги расплавленного металла; электрический ток; электрическая дуга; экстремальные значения температуры, влажности воздуха; повышенные уровни электромагнитных и ионизирующих излучений, шума, вибраций и др.);

- *химические* (по характеру воздействия на организм человека – токсичные, раздражающие, канцерогенные, мутагенные, сенсибилизирующие; по пути проникновения в организм человека – через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки);

- *биологические* (патогенные микроорганизмы (бактерии, грибки, вирусы, риккетсии) и продукты их жизнедеятельности);

- *психофизиологические и социальные* (физические перегрузки, статические, динамические, бытовая неустроенность, социально-экономические проблемы, нервно-психологические перегрузки, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Опасности и риски. Любая хозяйственная деятельность предприятия подвержена воздействию опасностей и рисков. В производственной деятельности невозможно достичь абсолютной безопасности. Причиной реализации опасности всегда являются опасные действия или отсутствие необходимых действий человека.

Рассматривая вопрос об опасности, следует выделить несколько видов опасностей:

- *потенциальная опасность* – представляет угрозу общего характера, она не связана с пространством и временем;

- *реальная опасность* – представляет конкретную угрозу воздействия на человека, она связана с пространством и временем;

- *реализованная опасность* – факт воздействия реальной опасности на человека и (или) среду обитания, приведший к потере здоровья или к летальному исходу человека, к материальным потерям [1, 8].

Очень важно уметь исследовать все возможные опасности и риски, которым подвержено предприятие, уметь оценивать их вероятность, характер и степень воздействия, а также выбрать метод управления рисками. Это позволяет снизить чувствительность предприятия к прогнозируемым рискам, минимизировать потери, получаемые в результате их негативного воздействия. Возможность неблагоприятного исхода очень велика и уклонение или отказ от риска не решает проблему.

Возникновение рисков обуславливает наличие неопределенности в деятельности хозяйственных субъектов. Однако следует различать понятия «риск» и «неопределенность».

Риск – это возможное (предвидимое или непредвидимое) событие, которое в состоянии изменить ожидаемый в определенный период времени результат хозяйственной деятельности предприятия и (или) его положения в отрасли, регионе, стране [7].

Риск бывает объективным и субъективным. Его объективность обусловлена наличием факторов, существование которых не зависит от действий человека. Последствия такого риска известны заранее. Примером субъективного риска является ситуация, когда каждый участник пытается предсказать исход, используя собственные знания, опыт, интуицию. Всегда можно изменить свой прогноз, если получить новую информацию, повысить квалификацию или прислушаться к мнению других людей. Большинство рисков субъективны [7, 8].

Существует несколько подходов и видов в классификации рисков:

- *по уровню возникновения* – отраслевые, межотраслевые, региональные, государственные, глобальные (мировые) риски;

- *по сфере происхождения* – социально-политические, административно-законодательные, производственные, коммерческие, финансовые, природно-экологические, демографические, геополитические риски;

- *по причинам возникновения* – связанные с неопределенностью будущего, недостатком информации для принятия решений, личностными субъективными факторами группы, анализирующей риск;

- *по степени обоснованности принятия риска* – обоснованные, частично обоснованные, авантюрные риски;

- *по соответствию допустимым пределам* – допустимые и критические риски;

- *по возможности прогнозирования* – прогнозируемые, частично непрогнозируемые риски;

- *по адекватности времени принятия решения о реагировании на реализованные риски* – предупредительные, текущие, запоздалые риски;

- *в зависимости от основной причины возникновения* – природные, экологические, политические, транспортные, коммерческие риски;

- *по возможности страхования* – страхуемые (поддаются количественному определению и страхованию организациями, которые принимают на себя риск страхователей; такие риски составляют наибольшую группу), не страхуемые (форс-мажорные риски, оценить уровень которых невозможно), а также масштабные риски (риски, когда никто не готов принять на себя риск страхователя) [7, 8].

Особый интерес представляют производственные риски.

Производственный риск – это вероятность убытков или дополнительных издержек, связанных со сбоями или остановкой производственных процессов, нарушением технологии выполнения операций, низким качеством сырья или работы персонала и т. д.

Для промышленного производства наиболее тяжелым проявлением риска является возникновение аварийной ситуации, которая может произойти в результате событий различного характера: природного (землетрясение, наводнение и др.), техногенного (износ зданий, сооружений, машин и оборудования, ошибки при проектировании или монтаже, злоумышленные действия и др.), смешанного (нарушение природного равновесия в результате техногенной деятельности человека, например возникновение нефтегазового фонтана при разведочном бурении скважин). Эти события вызывают несколько групп неблагоприятных последствий: взрыв, пожар, поломка механизмов и оборудования; нанесение ущерба окружающей среде; нанесение ущерба персоналу; снижение темпов производства продукции и остановка производства [7].

В целом, риски возникают под воздействием внешних (рыночные, политические, природно-климатические, социальные, демографические, экологические) и внутренних (производственные, технологические, финансовые) факторов.

Очень важным является определение функций хозяйственного риска.

1. *Аналитическая функция* – субъект риска, анализируя все возможные варианты деятельности, разрабатывает многовариантную программу предотвращения промежуточных и конечных негативных результатов и выбирает наиболее оптимальный и приемлемый для себя вариант [7].

2. *Инновационная функция* – хозяйственный риск направляет субъекта риска на поиск новаторских идей, нетрадиционных решений, проведение социально-экономических и научно-технических экспериментов [7].

3. *Регулятивная функция* – проявляется в двух формах: конструктивной (ориентирует на получение общественно необходимых результатов неординарными, наиболее прогрессивными приемами и способами) и деструктивной (проявляется при принятии авантюрных, необоснованных решений и действий, противоречащих духовно-нравственным устоям и тормозящих развитие экономики в целом) [7].

4. *Защитная функция* – также имеет два аспекта: историко-генетический и социально-правовой, т. е. создание благоприятной экономической, правовой, социально-культурной, технологической среды для инициативной деятельности предприимчивых людей и обеспечение им права на риск [7].

Риск является количественной мерой опасности, понимаемой как сочетание двух элементов: частоты (вероятности) опасного или неблагоприятного события и тяжести его последствий.

Любая рискованная ситуация имеет свои особенности. Во-первых, она носит случайный характер события, который будет определять, какой из возможных результатов реализуется на практике. Во-вторых, ей присущи наличие альтернативных исходов, а также возможность определения вероятности исходов и ожидаемых результатов.

Кроме особенностей можно выделить основные черты риска: *противоречивость* (столкновение объективно существующих рисков действий с их субъективной оценкой), *альтернативность* (необходимость выбора из двух и более возможных вариантов решений, направлений, действий), *неопределенность* [7, 8].

Риск присутствует всегда на всех этапах деятельности субъектов хозяйствования вне зависимости от сферы их функционирования. Полное устранение риска невозможно в силу целого ряда причин как объективного, так и субъективного характера [8].

Часто люди сознательно выбирают действия, связанные с опасностью, с риском, или избегают их. В связи с этим в зависимости от отношения к риску различают:

- *противников риска* – это люди, которые предпочитают определенный гарантированный результат в ряду неопределенных, рискованных результатов;
- *нейтральных к риску* – это люди, безразличные к выбору между гарантированным и рискованным результатами, для которых важно нечто среднее;
- *склонных к риску* – это люди, которые предпочитают связанный с риском результат гарантированному результату.

Идентификация опасностей и оценка рисков. Идентификация опасностей и оценка рисков осуществляются как для работников, так и для видов деятельности (работ). Они проводятся регулярно в виде пересмотра результатов, в случае изменений в осуществляемой деятельности, а также после возникновения происшествий.

В процессах идентификации опасностей и оценки рисков участвуют руководитель подразделения, мастер (бригадир, начальник смены), квалифицированные работники, уполномоченный по СУОТ в подразделении, общественный инспектор подразделения.

В начале работы по идентификации опасностей и оценке рисков происходит выбор вида деятельности, должности работника. Далее следует рассмотрение условий в работе и идентификация конкретных опасностей с учетом всей полученной информации о работнике, объекте, окружающей и производственной среде. После этого возможен анализ предполагаемого опасного события. При анализе следует рассматривать максимально тяжелый исход от воздействия опасности.

Сама оценка рисков осуществляется путем математического расчета, после чего производится разработка мер устранения недопустимых рисков. Эти меры могут относиться к объектам (например, модернизация оборудования или технологии, установка защитных устройств, ограждений, электрическая защита оборудования и др.), процедурам (например, внедрение новых методов безопасного проведения работ, разработка инструкций, действия по ликвидации проливов, предотвращению несчастных случаев), людям (например, дополнительное обучение, инструктаж, стажировка, повышение квалификации, усиление контроля выполнения работы).

Результаты идентификации опасностей и оценки рисков заносятся в карты и предоставляются в службу охраны труда, где в течение пяти рабочих дней они проверяются и утверждаются. В случае выявления ошибок их возвращают на доработку. На основании карт начальник СУОТ в течение пяти рабочих дней составляет реестр недопустимых рисков организации. После выполнения всех действий ведется анализ управления ОТ, пересматривается уровень допустимого риска в организации для дальнейшего устранения недопустимых рисков.

Управление рисками. Эффективное развитие предприятий возможно только при умении управлять рисками. Для этого необходимо понимать их сущность, знать подходы и методы оценки рисков и управления ими.

Управление риском – это в первую очередь его оценка, т. е. выявление факторов, причин его возникновения, анализ возможностей и последствий проявления действия риска.

Процесс управления риском можно разделить на следующие этапы.

1. *Идентификация и анализ (качественный и количественный) риска* – предполагает выявление рисков, определение их специфики, выделение особенностей их реализации, включая изучение размера экономического ущерба, а также изменение рисков во времени, степень взаимосвязи между ними и изучение факторов, влияющих на них.

2. *Анализ альтернативных методов управления риском* – нацелен на исследование тех инструментов, с помощью которых можно препятствовать реализации риска и воздействию его негативных последствий на деятельность организации.

3. *Выбор методов управления риском* – обусловлен различной результативностью методов управления риском и разным объемом ресурсов, требуемых для их реализации.

4. *Исполнение выбранного метода управления риском.*

5. *Мониторинг результатов и совершенствование системы управления риском* – обеспечивают обратную связь в указанной системе, гибкость, адаптивность управления риском и динамический характер этого процесса [7].

Полученная информация о сущности рисков на каждом этапе управления позволяет правильно выбрать и провести все необходимые мероприятия по снижению опасностей (рисков) на предприятии.

Все многообразие применяемых способов снижения рисков можно представить следующим перечнем:

1. *Уклонение от риска* – отказ от видов деятельности, связанных с риском. Это наиболее простое и радикальное направление нейтрализации рисков. Происходит в том случае, если снижение рисков не ведет к уменьшению вероятности их возникновения и возможного ущерба. Второй причиной избегания риска является непредсказуемость рисков.

2. *Лимитирование риска* – установление обязательных нормативов. Происходит уменьшение вероятности наступления риска и объемов возможных потерь. В данном случае мероприятия, позволяющие понизить воздействие риска, разрабатываются на основании данных, полученных на стадии анализа риска.

3. Принятие риска – сознательное принятие риска в силу его неизбежности. Принять риск – значит оставить весь риск (или его часть) за предприятием и покрыть возможные потери собственными средствами. Такое решение принимается, если риски маловероятны и возможный ущерб невелик.

4. Резервирование средств на случай непредвиденных ситуаций.

5. Страхование – готовность предприятия отказаться от части своих доходов с целью избежания потерь при возникновении рискованных ситуаций.

6. Получение дополнительной информации. Чем полнее информация, тем больше предпосылок у тому, чтобы сделать лучший прогноз и снизить риск.

7. Применение финансовых инструментов снижения риска [7, 8].

Все способы снижения рисков достаточно полноценны и могут применяться отдельно и самостоятельно. Однако в некоторых ситуациях применение нескольких способов одновременно является наиболее эффективным и рациональным.

Методы оценки риска. На каждом этапе управления рисками используют определенные методы для получения необходимой информации. Полученные результаты на всех этапах объединяются в систему и в дальнейшем помогают воздействовать на риск и пересматривать цели, которые ставятся перед предприятием.

Различают качественную и количественную оценку риска (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Качественная и количественная оценка рисков

Оценка риска	Задачи	Методы оценки
Качественная	<p>Определение потенциальных зон риска.</p> <p>Выявление рисков, сопутствующих деятельности предприятия.</p> <p>Прогнозирование практических выгод и возможных негативных последствий проявления выявленных рисков</p>	<p>Методы, базирующиеся на анализе имеющейся информации.</p> <p>Методы сбора новой информации.</p> <p>Методы моделирования деятельности организации.</p> <p>Эвристические методы</p>
Количественная	<p>Численное определение размеров отдельных рисков и общего риска.</p> <p>Вычисление значения вероятности наступления рискованных событий и объема вызванного ими ущерба или выгоды</p>	<p>Статистический метод.</p> <p>Метод экспертных оценок.</p> <p>Использование аналогов.</p> <p>Комбинированный метод.</p> <p>Методы теории вероятностей</p>

Качественная оценка направлена на установление существования различных видов риска, определяющих их факторов и причин. Результатом качественной оценки является система рисков. Качественная оценка позволяет выявить возможные виды рисков, определить и описать причины и факторы, влияющие на уровень данного вида риска. Методика качественной оценки рисков

предприятий носит описательный характер, но приводит к количественному результату [7, 8].

Выделяют следующие методы качественной оценки риска:

1. *Метод экспертных оценок.* Для принятия решений используются опыт и интуиция компетентного специалиста (эксперта). В этом случае нет необходимости в точных данных и программных средствах. Недостатки метода: субъективный характер оценок и проблема в привлечении независимых экспертов.

2. *Метод рейтинговых оценок.* Осуществляется путем ранжирования после присвоения каждому риску балла (часто используется 5-балльная система).

3. *Контрольные списки источников рисков.* В рамках данного метода анализируются прошлые происшествия, факторы рисков, ошибки и вносятся изменения и дополнения.

4. *Метод аналогий.* Применяется при оценке риска часто повторяющихся проектов, а также в тех случаях, когда другие методы оценки неприемлемы.

Количественная оценка проводится на основе результатов качественной оценки рисков. Процесс количественной оценки состоит в определении вероятности воздействия риска и характера его влияния на показатели деятельности предприятия. К наиболее часто используемым количественным методам оценки риска относят статистический, экспертный анализ рисков, анализ показателей предельного уровня, анализ чувствительности, анализ целесообразности затрат, метод аналогов, аналитический метод, анализ сценариев развития проекта, построение дерева решений, имитационный метод, игровое моделирование [7].

Проблема риска актуальна всегда. Меняются подходы к проблеме управления рисками, разрабатываются новые методы оценки рисков. Информация, которую мы получаем в результате анализа рисков, обеспечивает нас всеми необходимыми данными для выбора эффективных действий по оптимизации влияния рисков. Таким образом, мы можем управлять рисками либо осуществлять их профилактику. Это позволяет в значительной степени снизить уровень риска и минимизировать его негативные последствия.

3. ПЛАНИРОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Основной задачей охраны труда является сведение к минимуму вероятности поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда.

Производительность труда повышается за счет сохранения здоровья и работоспособности человека, экономии человеческих ресурсов, путем повышения уровня использования рабочего времени, продления периода активной трудовой деятельности человека, повышения качества продукции, улучшения использования основных производственных фондов, уменьшения числа аварий и т. д. [1–6].

Улучшение условий труда приводит и к социальным результатам – улучшению здоровья трудящихся, повышению удовлетворенности трудом, укреплению

трудовой дисциплины, росту производственной и общественной активности и улучшению ряда других показателей, характеризующих более высокую степень социального развития трудящихся.

Принято выделять основные группы мероприятий по охране труда.

1. *Правовые мероприятия по охране труда* – заключаются в создании системы правовых норм, устанавливающих стандарты безопасных и здоровых условий труда и правовых средств обеспечения их соблюдения. Эта система правовых норм основывается на Конституции и Трудовом кодексе Республики Беларусь и включает в себя законы, подзаконные нормативные акты, а также локальные нормативные акты, принимаемые в конкретных организациях [1, 6].

2. *Социально-экономические мероприятия по охране труда* – включают в себя меры государственного стимулирования работодателей, направленные на повышение уровня охраны труда, установление компенсаций и льгот при выполнении работ во вредных и опасных условиях труда, защиту отдельных, наименее социально защищенных категорий работников, обязательное социальное страхование и выплату компенсаций при возникновении профессиональных заболеваний и производственных травмах [1, 6].

3. *Организационно-технические мероприятия* – заключаются в создании единого комплекса взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов, устанавливающих политику и цели в области охраны труда в конкретной организации и процедуры для достижения этих целей [1, 6].

4. *Санитарно-гигиенические мероприятия по охране труда* – заключаются в проведении работ, направленных на снижение уровня воздействия на работников вредных и опасных производственных факторов с целью обеспечения благоприятных условий труда и предотвращения профессиональных заболеваний [1, 6].

5. *Технические мероприятия по охране труда* – направлены на предотвращение рабочих от производственных травм и несчастных случаев, вызывающих травматизм и вредные воздействия на организм человека [1, 6].

6. *Лечебно-профилактические мероприятия по охране труда* – включают в себя организацию предварительных, периодических и внеочередных медицинских осмотров, обязательных психиатрических освидетельствований работников, выдачу молока и лечебно-профилактического питания [1, 6].

7. *Реабилитационные мероприятия по охране труда* – заключаются в осуществлении комплекса мер, направленных на восстановление здоровья и трудоспособности работников, пострадавших в результате несчастного случая на производстве и профессиональных заболеваний [1, 6].

Планирование мероприятий по улучшению условий труда, предупреждению травматизма и заболеваемости на производстве является одной из функций управления охраной труда на предприятии.

В организации разрабатывается план мероприятий по охране труда, в котором указываются: наименования мероприятий и ответственные за их выполнение лица; сроки и стоимость выполнения; ожидаемая эффективность мероприятий.

Планирование мероприятий осуществляется на один год или на два-три года (в случае значительных финансовых затрат и длительного периода времени на их выполнение).

При планировании и разработке мероприятий решаются основные задачи по устранению (снижению) профессиональных рисков, улучшению условий охраны труда, профилактике производственного травматизма и профессиональной заболеваемости; по обучению работников в области охраны труда; по информационному обеспечению деятельности по охране труда; по внедрению передового опыта и научных разработок по охране труда.

В процессе планирования и разработки мероприятий осуществляется анализ результатов аттестации рабочих мест, технических осмотров, освидетельствований, испытаний, а также результатов проведенной идентификации опасностей и оценки профессиональных рисков. Анализируются причины производственного травматизма, профессиональных заболеваний. Рассматриваются предписания и рекомендации по устранению выявленных нарушений требований по охране труда, а также предложения структурных подразделений организации.

Необходимо иметь в виду, что при заключении коллективного договора в него включается раздел «Охрана труда». Коллективный договор заключается на срок, который определяют стороны (от одного года до трех лет). Следовательно, мероприятия по охране труда в разделе коллективного договора также предусматриваются на указанные сроки.

В обязательном порядке в планы работ должны включаться мероприятия, обеспечивающие защиту работающих от воздействия опасностей, поэтому приоритет следует отдавать мероприятиям, обеспечивающим улучшение условий труда большому числу работников.

При планировании работ по охране труда определяют задания структурным подразделениям и отдельным работникам с указанием сроков исполнения. Проекты планов мероприятий по охране труда перед их включением в коллективный договор обсуждают в коллективах подразделений.

Управление безопасностью труда. Создание и сохранение безопасных и безвредных условий труда возможно только через управление безопасностью труда.

Управлять безопасностью труда – это значит поддерживать состояние организации работ, условий труда, орудий труда, технологических процессов, машин и оборудования таким, чтобы исключить (или свести к минимуму) воздействие на работающих вредных и (или) опасных производственных факторов. При этом основная цель – предупреждение аварий, чрезвычайных ситуаций, производственного травматизма и профессиональных заболеваний [2, 3, 5, 8].

Управлять безопасностью труда следует на основе научных методов комплексного и системного подходов.

При комплексном подходе принимают во внимание все факторы, которые влияют на состояние безопасности труда:

- на уровне работника – физиологические и психологические свойства человека и его готовность к труду;

- на уровне коллектива – социально-психологический климат в трудовом коллективе;

- на уровне руководства – методы и стиль управления, моральное стимулирование, форма организации труда, трудовые приемы;

- на уровне предприятия – предметы и орудия труда, технологии, средства защиты, окружающая среда, оплата труда, формы материального стимулирования.

При системном подходе рассматривают безопасность труда как совокупность всех взаимосвязанных элементов целой системы. Такая система позволяет определить объективные связи этих элементов, выяснить их взаимовлияние и взаимозависимости, установить функциональную роль каждого элемента и системы в целом [2, 3, 5].

Управление безопасностью предусматривает соблюдение принципов:

1. *Системность.* Должны соблюдаться тесная взаимосвязь субъекта и объекта управления, единство кадров, структуры, методов и техники управления (при решающей роли кадров).

2. *Плановость и непрерывность.* При последовательных и непрерывных действиях работа по улучшению безопасности труда будет эффективна. В случае преобладания случайности и при наличии беспорядка многие важные вопросы могут быть упущены.

3. *Профилактическая направленность.* В ее основе лежит прогнозирование на всех этапах управления безопасностью. Самое главное – вовремя выявить и устранить причины, условия и мотивы, порождающие неправильные действия людей, проявление опасностей и вреда. Профилактические мероприятия – это в первую очередь улучшение подготовки людей к труду; строгое выполнение графиков профилактических осмотров и ремонтов оборудования; хорошая организация материально-технического обеспечения работ предметами, необходимыми для создания безопасных условий труда; распространение передового опыта работы без травм и аварий [2, 3, 5].

4. *Законность.* Управлять безопасностью труда необходимо, строго соблюдая законы. Совершать незаконные действия недопустимо.

5. *Контроль за выполнением мероприятий, планов и задач.* Контроль за выполнением планов, мероприятий и всей работы по повышению безопасности труда, как и контроль за состоянием безопасности на рабочих местах, должен быть систематическим, глубоким и принципиальным. В процессе контроля надо добиваться обнаружения и устранения недостатков, шире использовать современные средства контроля и привлекать к контролю всех [2, 3, 5].

6. *Распределение обязанностей.* К работе по созданию безопасных условий труда должны быть привлечены все члены трудовых коллективов. Информация о состоянии охраны труда и конечных результатах функционирования системы должна быть максимально открытой и правдивой.

7. *Включение экономического механизма управления.* Необходимо шире применять экономические рычаги для повышения безопасности труда. Это уменьшит

число аварий и случаев производственного травматизма, улучшит экономику предприятия.

Целый ряд мероприятий по охране труда не требует затрат материальных и финансовых ресурсов. Они должны включаться в план в обязательном порядке.

Планирование мероприятий по охране труда является большим шагом в достижении целей и задач охраны труда. Однако наиболее важными направлениями в улучшении безопасности труда остаются создание и внедрение новой, более безопасной техники и технологии, устраняющей тяжелый и монотонный труд, а также рациональная организация труда. При этом важное значение имеет контроль за выполнением мероприятий, планов и задач [3].

4. ОБУЧЕНИЕ, КВАЛИФИКАЦИЯ И КОМПЕТЕНТНОСТЬ РАБОТНИКОВ

Обучение рабочих. Обучение и проверка знаний по вопросам охраны труда работающих по рабочим профессиям проводятся при подготовке, переподготовке, повышении квалификации, на курсах целевого назначения.

Учебные планы и программы при подготовке рабочих по профессиям должны предусматривать теоретическое обучение по вопросам охраны труда и производственное обучение безопасным методам и приемам труда. Теоретическое обучение осуществляется в рамках специального учебного предмета «Охрана труда» и (или) соответствующих разделов специальных дисциплин в объеме не менее 10 ч. При обучении профессиям рабочих, занятых на работах с повышенной опасностью, предмет «Охрана труда» преподается в объеме не менее 60 ч в учреждениях, обеспечивающих получение профессионально-технического образования, и не менее 20 ч – при обучении непосредственно в организации [1, 6].

Продолжительность производственного обучения профессиям рабочих, занятых на работах с повышенной опасностью, устанавливается не менее двенадцати рабочих дней, на других работах – не менее четырех рабочих дней. Профессиональная подготовка, переподготовка и повышение квалификации рабочих завершаются итоговой аттестацией в форме квалификационных экзаменов. В экзаменационные билеты включаются вопросы по охране труда. Обучение на курсах целевого назначения заканчивается сдачей зачета [1, 4].

Обучение руководителей и специалистов. Обучение руководителей и специалистов осуществляется по учебным планам и программам, составленным на основании типового перечня вопросов для обучения и проверки знаний по вопросам охраны труда руководителей и специалистов.

Принятые на работу (переведенные на другую должность) руководители и специалисты допускаются к самостоятельной работе после ознакомления их уполномоченным должностным лицом организации с должностными обязанностями, в том числе по охране труда, нормативными правовыми актами, техническими нормативными правовыми актами, локальными нормативными правовыми актами по

охране труда, соблюдение требований которых входит в их должностные обязанности, условиями и состоянием охраны труда в структурных подразделениях (на объектах) организации. При необходимости специалисты, принятые или переведенные на работы, перед допуском к самостоятельной работе проходят стажировку по занимаемой должности. Стажировку проводит должностное лицо, назначенное приказом руководителя организации. Руководитель организации утверждает перечень должностей специалистов, которые должны проходить стажировку, и определяет ее продолжительность [1, 4].

Не позднее месяца со дня назначения на должность и периодически в соответствии с требованиями нормативных правовых актов, но не реже одного раза в три года, проходят проверку знаний по вопросам охраны труда [6].

На объектах с технологическими блоками высоких категорий взрывоопасности для подготовки персонала к действиям по локализации аварийных ситуаций и ликвидации последствий аварий организуется специальное обучение с использованием компьютерных тренажеров, других технических средств обучения, позволяющих имитировать опасные ситуации и контролировать знания персонала по их ликвидации, и др.

Инструктажи по охране труда и технике безопасности. Неотъемлемой частью на любом предприятии является инструктаж по технике безопасности.

Инструктаж делится на вводный, первичный, повторный, внеплановый и целевой.

Вводный инструктаж проходят:

- все принимаемые на работу лица;
- командированные работники;
- работники сторонних организаций, выполняющие работы на выделенном участке;
- обучающиеся образовательных учреждений соответствующих уровней, проходящие производственную практику;
- другие лица, участвующие в производственной деятельности.

Вводный инструктаж проводит специалист отдела охраны труда с использованием технических средств обучения и наглядных пособий в кабинете охраны труда или в специально оборудованном помещении. Для проведения вводного инструктажа используют программы, разработанные с учетом требований системы стандартов безопасности труда (ССБТ), норм, правил и инструкций по охране труда, а также особенностей производства в соответствии с установленным порядком [1].

Первичный инструктаж на рабочем месте проходят:

- все принятые на работу;
- переводимые из одного подразделения в другое;
- командированные;
- временные работники;
- студенты и учащиеся, прибывшие для производственного обучения или прохождения практики;

- работники, выполняющие новую для них работу;
- другие лица, выполняющие работы на территории предприятия.

Первичный инструктаж на рабочем месте не проводится с работниками, не связанными с обслуживанием, испытанием, наладкой и ремонтом оборудования, использованием инструмента, хранением и применением сырья и материалов.

Первичный инструктаж на рабочем месте должен проводиться по программам (тематическим планам), разработанным с учетом требований ССБТ, норм, правил и инструкций по охране труда, производственных инструкций и другой технической документации. Программы первичного инструктажа на рабочем месте разрабатываются подразделениями, согласовываются с отделом охраны труда и утверждаются:

- для руководителей и специалистов – главным инженером (заместителем главного инженера), заместителем директора по подчиненности;
- для остальных категорий работников – руководителем подразделения.

Первичный инструктаж на рабочем месте должен проводиться с каждым работником индивидуально с практическим показом безопасных приемов и методов труда. Допускается проведение первичного инструктажа на рабочем месте с группой работников, обслуживающих однотипное оборудование, в пределах общего рабочего места [4, 8].

Повторный инструктаж проходят все работники, независимо от квалификации, образования, стажа, характера выполняемой работы.

Повторный инструктаж оперативному персоналу и персоналу, выполняющему ремонтные, пусконаладочные работы, проводится не реже одного раза в три месяца, остальным работникам – не реже одного раза в шесть месяцев.

Повторный инструктаж проводится индивидуально или группе работников, обслуживающих однотипное оборудование, и в пределах общего рабочего места. Повторный инструктаж проводится по программе (тематическому плану) первичного инструктажа и с учетом того, что за текущий год инструктируемым должны быть доведены все темы первичного инструктажа в полном объеме [6, 8].

Внеплановый инструктаж проводится:

- при введении в действие новых или пересмотренных правил, норм, инструкций, в том числе инструкций по охране труда, пожарной, радиационной, ядерной, промышленной безопасности, а также изменений к ним;
- изменении технологического процесса, замене, модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда и безопасность эксплуатации;
- нарушении работником требований правил, норм и инструкций по безопасности, которое может привести или привело к нарушению в работе оборудования, травме, взрыву, пожару или отравлению и т. д.;
- перерывах в работе: оперативного персонала – более 14 календарных дней; персонала, выполняющего работы, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования безопасности труда, – более 30 календарных дней; остального персонала – более 60 календарных дней;

- по требованию эксплуатирующей организации, органов государственного надзора [4].

Внеплановый инструктаж проводят индивидуально или группе работников одной должности. Объем и содержание инструктажа определяются в каждом конкретном случае в зависимости от причин и обстоятельств, вызвавших необходимость его проведения.

Первичные, повторные и внеплановые инструктажи проводят с руководящим персоналом в порядке, установленном директором; с руководителями подразделений – заместители директора, главного инженера по подчиненности; с начальниками смен, начальниками (заместителями) смен очереди или старшими начальниками смены; со специалистами подразделений, командированными, временными работниками, студентами и учащимися, прибывшими для производственного обучения или прохождения практики, – руководитель подразделения или его заместитель; с оперативным персоналом подразделения – начальник соответствующей смены подразделения; с остальными категориями работников – их непосредственные руководители [1, 6, 8].

Проведение первичного инструктажа на рабочем месте, повторного и внепланового инструктажей оформляется в журнале регистрации инструктажей с указанием подписи инструктируемого и подписи инструктирующего, а также даты проведения инструктажей. При регистрации внепланового инструктажа указывается причина, вызвавшая его проведение. Журнал регистрации инструктажа на рабочем месте хранится у лиц, ответственных за проведение инструктажей, и сдается в архив через год после его полного заполнения [4].

Работники, не прошедшие повторный или внеплановый инструктаж в установленные сроки по уважительным причинам (отпуск, болезнь, командировка), проходят инструктаж перед допуском к работе.

Целевой инструктаж проводится перед:

- выполнением радиационноопасных, ядерноопасных и пожароопасных работ;
- выполнением работ по ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий и катастроф;
- ведением работ, на которые оформляется наряд-допуск или распоряжение;
- выполнением работ, связанных со сложными переключениями, если в программах работ указана необходимость проведения инструктажа персоналу;
- проведением экскурсий [1, 6].

Проведение целевого инструктажа работникам, проводящим работы по наряду-допуску, оформляется в наряде-допуске, оперативном журнале или другой документации, разрешающей ведение работ. Форма записей может быть произвольной, но с обязательным указанием должности и ФИО лица, проводившего инструктаж [1, 4].

Итоговым этапом инструктажей на рабочем месте является проверка знаний путем устного опроса или с помощью технических средств обучения, а также проверка навыков безопасных приемов труда. Знания проверяет работник, проводивший инструктаж.

5. ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ К АВАРИЙНЫМ СИТУАЦИЯМ

Особое внимание на любом предприятии уделяется вопросам, связанным с аварийными ситуациями.

Аварийная ситуация (согласно ОТ) – это сочетание опасных состояний (положений или условий существования и функционирования) объектов природно-техногенной сферы, определяющих переход из нормальной (штатной) обстановки или ситуации к аварийной, связанной с поражением объектов, человека и среды жизнедеятельности. Может привести к взрыву, пожару, отравлению, гибели или травматизму (заболеванию) людей, животных, потерям материальных ценностей [1, 4, 6, 8].

Аварийная ситуация является частью или показателем аварийной обстановки, когда превзойдены ее предельно допустимые границы и начинаются опасные обратимые или необратимые изменения параметров состояния объектов, человека (операторов, персонала, населения) и среды жизнедеятельности [1, 4, 6].

Аварийные ситуации по происхождению могут быть внешними (возникшие в результате деятельности сторонних организаций; созданные опасными природными явлениями) и внутренними (возникающие в результате деятельности организации).

Причинами возникновения и развития аварийных ситуаций на объектах природно-техногенной сферы могут быть различные факторы:

- *техногенные* (поломки, повреждения и разрушения элементов сложных технических систем);
- *антропогенные* (действия людей);
- *природные* (гео-, гидро-, аэровоздействия).

Предупреждение аварийных ситуаций, готовность к ним и реагирование – это составная часть системы управления охраной труда.

Идентификация возможных аварийных ситуаций и оценка степени их воздействия на работников организации и окружающую среду проводится одновременно с идентификацией опасностей и оценкой связанных с ними рисков.

В каждой организации должны быть определены мероприятия по предупреждению аварийных ситуаций, обеспечению готовности к ним и реагированию. Эти мероприятия определяют возможный характер и масштаб аварийных ситуаций и предусматривают предупреждение связанных с ними рисков. Все мероприятия разработаны в соответствии с размером и характером деятельности организации. Меры необходимо принимать своевременно. Ситуация должна быть оперативно взята под контроль с четкой координацией всех мероприятий.

Ликвидация последствий аварийной ситуации осуществляется силами и средствами работающих операторов и персонала, а также аварийной службой, которая работает с момента обнаружения аварии до ее устранения и восстановления нормальной работы предприятия. Аварийная служба также принимает участие в оповещении и мобилизации персонала.

Средства, оборудование и материалы – это еще одна составляющая, наличие которой очень важно при проведении мероприятий по ликвидации аварийной ситуации. Выбор средств, оборудования и материалов и их количество будут зависеть от вероятности и масштаба аварий по результатам расширенной оценки факторов риска и определения основных стратегий борьбы с экстренными ситуациями. Все зависит от конкретной ситуации и подготовленности к ней.

Исходя из оценки рисков аварий составляются планы ликвидации аварий (ПЛА) и организуется обучение работников действиям в каждой конкретной аварийной ситуации. Планы локализации аварийных ситуаций и планы ликвидации последствий аварий составляются на аварийно-опасных производствах, где может произойти прорыв газов и возгорание легковоспламеняющихся жидкостей, выброс реакционной массы, термическое разложение химических продуктов и др.

Порядок действий и соблюдения мер безопасности в аварийных ситуациях регламентируется в каждой инструкции по охране труда. Каждому работающему на предприятии необходимо знать основные правила поведения при авариях.

На предприятиях систематически проводят учебные тревоги для проверки правильности планов ликвидации аварий. Для проверки готовности персонала организаций и других специальных служб к спасению людей и ликвидации аварий в момент их возникновения проводят тренировки персонала, отработки взаимодействия работников производства со специальными спасательными службами. Учебные тревоги проводятся в соответствующих производствах с периодичностью, установленной различными правилами в разные периоды года, и объявляются в разное время суток и смены.

При любом виде аварии немедленно вызываются газоспасательная служба, пожарная часть, скорая медицинская помощь для ликвидации аварии и оказания помощи людям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андруш, В. Г. Охрана труда : учеб. пособие / В. Г. Андруш, Л. Т. Ткачёва, К. Д. Яшин. – Минск : РИПО, 2017. – 333 с.
2. Вайнштейн, Л. А. Психология управления : учеб. пособие / Л. А. Вайнштейн, И. В. Гулис. – Минск : Выш. шк., 2018. – 383 с.
3. Вайнштейн, Л. А. Психология безопасности труда : учеб. пособие / Л. А. Вайнштейн, К. Д. Яшин. – Минск : БГУИР, 2019. – 254 с.
4. Вершина, Г. А. Охрана труда : учебник / Г. А. Вершина, А. М. Лазаренков. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск : ИВЦ Минфина, 2020. – 564 с.
5. Егоров, В. В. Когнитивные технологии : учеб. пособие / В. В. Егоров. – Минск : БГУИР, 2017. – 240 с.
6. Лазаренков, А. М. Охрана труда в машиностроении : учеб. пособие / А. М. Лазаренков. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 446 с.

7. Минько, М. В. Менеджмент риска и страхование : метод. пособие / М. В. Минько. – Минск : БНТУ, 2015. – 98 с.
8. Чернова, Г. В. Практика управления рисками на уровне предприятия / Г. В. Чернова. – СПб. : Питер, 2011. – 176 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Практическая работа № 1

ОЦЕНКА ОПАСНОСТЕЙ И РИСКОВ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Цель работы: произвести оценку опасностей и рисков для безопасности труда и здоровья, возникающих от вредных и опасных производственных факторов, установить перечень мер для их предотвращения или уменьшения до минимального уровня.

Общие положения

Рабочая среда человека в условиях современного производства представляет собой совокупность физических, химических, биологических, социально-психологических и эстетических факторов внешней среды, которые воздействуют на человека [1].

Тяжесть труда – характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие жизнедеятельность.

Тяжесть труда характеризуется физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого груза, общим числом стереотипных рабочих движений, величиной статической нагрузки, формой рабочей позы, степенью наклона корпуса, перемещениями в пространстве.

Напряженность труда – характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонности нагрузок, режим работы.

Принципы классификации условий труда представлены в [3].

Оптимальные условия труда (1-й класс) – такие условия, при которых сохраняется здоровье работающих и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы производственных факторов установлены для микроклиматических параметров и факторов трудового процесса. Для других факторов за оптимальные принимаются такие условия труда, при которых неблагоприятные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

Допустимые условия труда (2-й класс) характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест и при которых возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламенти-

рованного отдыха или к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного воздействия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работающих и их потомство. Допустимые условия труда относят к безопасным.

Вредные условия труда (3-й класс) характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающего и/или его потомство. По степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работающих выделяются четыре степени вредности:

- 1-я степень 3-го класса (3.1) – условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном, чем к началу следующей смены, прерывании контакта с вредными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья;

- 2-я степень 3-го класса (3.2) – уровни вредных факторов, вызывающих стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно-обусловленной заболеваемости (что выражается в повышении уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и в первую очередь теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных факторов), появлению начальных признаков или легких (без потери профессиональной трудоспособности) форм профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 лет и более);

- 3-я степень 3-го класса (3.3) – условия труда, характеризующиеся такими уровнями вредных факторов, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степени тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в период трудовой деятельности, росту хронической (производственно-обусловленной) патологии, включая повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

- 4-я степень 3-го класса (3.4) – условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечаются значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Опасные (экстремальные) условия труда (4-й класс) характеризуются уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, несет высокий риск развития острых профессиональных поражений, в том числе и тяжелых форм.

Порядок расчета интегральной балльной оценки тяжести труда [4].

1. Для определения категории тяжести работ каждый из факторов рабочей среды, действующих на человека (табл. 1.1), оценивают по балльной шкале и определяют интегральную балльную оценку тяжести и напряженности труда.

Таблица 1.1

Критерии для балльной оценки факторов рабочей среды

Факторы рабочей среды	Критерий				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Температура воздуха на рабочем месте, °С: теплый период холодный период	+20...+22 +18...+20	+21...+22 +17...+19	+23...+28 +15...+16	+29...+32 +7...+14	+33...+35 Ниже +7
Токсичное вещество, кратность превышения ПДК, раз	–	≤1	1,0...2,5	2,6...4,0	4,0...6,0
Промышленная пыль, кратность превышения ПДК, раз	–	≤1,0	1...5	6...10	11...30
Вибрация, превышение ПДУ, дБ	Ниже ПДУ	На уровне ПДУ	1...3	4...6	7...9
Промышленный шум, превышение ПДУ, дБ	<1	Равно ПДУ	1...5	6...10	>10
Ультразвук, превышение ПДУ, дБ	<1	Равно ПДУ	1...5	6...10	11...20
Интенсивность теплового излучения, Вт/м ²	≤140	141...1000	1001...1500	1501...2000	2001...2500
Освещенность рабочего места, лк: минимальный объект различения, мм разряд зрительной работы	>1 5...8	1,0...0,3 3...4	<0,3 1...2	>0,5 4...8	<0,5 1...3
Физическая динамическая нагрузка, Дж: общая · 10 ⁵ региональная · 10 ⁵	4,2 2,1	4,3...8,3 2,2...4,2	8,4...12 4,3...6,2	13...17 6,3...8,3	18...20 8,4...10
Физическая статическая нагрузка, Н · с: на одну руку · 10 ⁴ на две руки · 10 ⁴ на мышцы корпуса · 10 ⁴	<18 <43 <61	18...36 43...86 61...123	37...70 87...144 124...210	71...97 145...220 211...300	>97 >220 >300
Рабочее место, поза, перемещение в пространстве	Стационарное, поза свободная, масса перемещаемого груза до 5 кг	Стационарное, поза свободная, масса перемещаемого груза свыше 5 кг	Стационарное, поза свободная, до 25 % времени в наклонном положении до 30°	Стационарное, поза вынужденная свыше 50 % рабочей смены	Стационарное, поза вынужденная, неудобная свыше 50 % рабочей смены

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5	6
Сменность	Утренняя смена	Две смены	Три смены	Нерегулярные смены	–
Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч	–	<8	<12	>12	–
Длительность сосредоточенного наблюдения, процентов от продолжительности рабочей смены	–	25...50	51...75	76...90	>90
Число важных объектов	<5	5...10	11...25	>25	–
Темп (число движений в час): мелких (кисти) крупных (руки)	<360 <250	361...720 251...500	721...1080 501...750	1081...3000 751...1600	>3000 >1600
Число сигналов в час	<75	76...175	176...300	>300	–
Монотонность (число приемов в операции)	>10	6...10	3...5	3...5	2...1
Длительность повторяющихся операций, с	>100	31...100	20...30	10...19	5...9
Режим труда и отдыха	Обоснованный, с применением функциональной музыки и гимнастики	Обоснованный, без применения функциональной музыки и гимнастики	Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха	–	–
Нервно-эмоциональная нагрузка	Простые действия по индивидуальному плану	Простые действия по заданному плану	Сложные действия по заданному плану с возможностью коррекции	Сложные действия по заданному плану при дефиците времени	Ответственность за безопасность людей. Личный риск при дефиците времени

2. Исходные данные из варианта, представленного в табл. 1.4, а также данные X_1 в баллах из табл. 1.1 и результаты оценки удельной тяжести фактора рабочей среды X_{ϕ_i} сводят в табл. 1.2 [5].

Таблица 1.2

Расчет интегральной балльной оценки тяжести труда

Фактор рабочей среды и условия труда (табл. 1.4)	Показатель	Значение показателя (табл. 1.4)	Балльная оценка фактора (табл. 1.1)	Продолжительность действия фактора t_p , мин	Удельный вес времени действия фактора $t_{удi}$ (формула (1.2))	Оценка удельной тяжести фактора рабочей среды X_{ϕ_i}
	X_1					
	...					
	X_n					

3. Интегральная балльная оценка тяжести труда определяется как

$$U_T = X_{\max} + \frac{6 + X_{\max}}{6(N - 1)} \cdot \sum_{i=1}^n X_i, \quad (1.1)$$

где X_{\max} – наивысшая из полученных частных балльных оценок;

X_i – балльная оценка по i -му фактору из учитываемых;

n – число учитываемых факторов, за исключением одного фактора X_{\max} .

N – общее количество факторов.

Формула справедлива, если каждый из учитываемых факторов действует в течение всего рабочего дня. Если какой-либо из факторов действует эпизодически, то его фактическая оценка определяется как

$$X_{\phi_i} = X_i \cdot t_{уд},$$

где $t_{уд}$ – удельный вес времени действия i -го фактора в общей продолжительности рабочего дня.

4. После расчета интегральной балльной оценки по формуле (1.1) определяют категорию тяжести и напряженности выполняемой работы в соответствии с табл. 1.3.

Таблица 1.3

Соответствие интегральной оценки и категории тяжести труда

Интегральная оценка, баллов	Категория тяжести
До 1,8	1
1,8...3,3	2
3,4...4,5	3
4,6...5,3	4
5,4...5,9	5
Более 5,9	6

5. Если на рабочем месте фактические значения уровня вредных факторов находятся в пределах оптимальных или допустимых величин, условия труда на этом рабочем месте отвечают гигиеническим требованиям и относятся соответственно к 1-му или 2-му классу. Если уровень хотя бы одного фактора превышает допустимую величину, то условия труда на таком рабочем месте в зависимости от величины превышения и в соответствии с настоящим и гигиеническими критериями как по отдельному фактору, так и при их сочетании могут быть отнесены к 1–4-й степеням 3-го класса вредных или классу опасных условий труда [6].

6. Оценка условий труда с учетом комбинированного и сочетанного действия производственных факторов проводится на основании результатов измерений. Оцениваются условия труда для отдельных факторов. Результаты оценки вредных факторов производственной среды и трудового процесса вносят в таблицу для общей оценки условий труда по степени вредности и опасности [6].

7. Затем проводится оценка вредных факторов:

- по наиболее высокому классу и степени вредности;
- в случае сочетанного действия трех и более факторов, относящихся к классу 3.1, общая оценка условий труда соответствует классу 3.2;
- при сочетании двух и более факторов (3.2, 3.3, 3.4) условия труда оцениваются соответственно на одну степень выше [6].

Пример выполнения работы

Исходные данные представлены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Факторы рабочей среды оператора
блочно-щитового управления энергоблока АЭС [2]

Номер варианта, наименование рабочего места	Факторы рабочей среды	Величина рабочих показателей	Продолжительность действия фактора, мин
1	2	3	4
1. Оператор блочно-щитового управления энергоблока АЭС	Температура воздуха на рабочем месте в помещении в теплый период года, °С	21...22	420
	Освещенность рабочего места на уровне санитарных норм: размер объекта, мм разряд зрительной работы	0,2 I	360 360
2. Оператор блочно-щитового управления энергоблока АЭС	Статическая физическая нагрузка в течение смены на две руки, $H \cdot c$	$50 \cdot 10^4$	320
	Рабочее место стационарное, поза несвободная – до 20 % времени в наклонном положении	–	–

Окончание табл. 1.4

1	2	3	4
	Работа в утреннюю смену	–	–
	Продолжительность непрерывной работы в течение 10 ч	–	–
	Длительность сосредоточенного наблюдения относительно времени рабочей смены, процентов	90	–
	Число важных объектов наблюдения	3	–
	Число приемов в операции	6	–
	Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха	–	–
	Нервно-эмоциональная нагрузка, возникающая в результате опасения за другого человека	–	–

Все необходимые данные собираются и вносятся в таблицу, специально подготовленную для расчета интегральной балльной оценки тяжести труда (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Данные для расчета интегральной оценки тяжести труда в баллах

№ п/п	Факторы рабочей среды	Величина показателя	Балл фактора	Продолжительность действия фактора, мин	Удельный вес действия фактора в течение рабочей смены ($T_1 = 480$ мин)	Оценка удельной тяжести фактора рабочей среды
1	2	3	4	5	6	7
1	Температура воздуха на рабочем месте в помещении в теплый период года, °С	21...22	2	420	0,9	1,75
2	Освещенность рабочего места на уровне санитарных норм: размер объекта, мм разряд зрительной работы	0,2 I	2 3	360 360	1,5 2,25	1,5 2,25
3	Статическая физическая нагрузка в течение смены на две руки, Н · с	$5 \cdot 10^4$	2	320	0,6	1,3

1	2	3	4	5	6	7	
4	Рабочее место стационарное, поза несвободная, до 20 % времени в наклонном положении	–	3	–	–	3	
5	Работа в утреннюю смену	–	1	–	–	1	
6	Продолжительность непрерывной работы в течение 10 ч	–	3	–	–	3	
7	Длительность сосредоточенного наблюдения от времени рабочей смены, %	90	4	–	–	4	
8	Число важных объектов наблюдения	3	1	–	–	1	
9	Число приемов в операции	6	2	–	–	2	
10	Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха	–	3	–	–	3	
11	Нервно-эмоциональная нагрузка, возникающая в результате опасения за другого человека	–	5	–	–	5	
12						$\sum X_{\Phi i}$	23,8

В нашем случае формула примет вид

$$U_T = 5 + \frac{6 - 5}{6 \cdot (11 - 1)} \cdot 23,8 = 5,4.$$

Для удобства выполнения задания все промежуточные расчеты стоит занести в табл. 1.2 в следующем порядке (по каждой строке):

- записать фактор среды из варианта (графа 1);
- обозначить этот фактор как X_i (графа 2);
- выписать значение фактора из варианта (графа 3);
- определить, используя данные из табл. 1.1, величину фактора X_1 в баллах и занести результат в графу 4.

Категория тяжести выполняемых работ оценивается на основании балла, рассчитанного по вышеуказанной формуле (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Интегральная балльная оценка для различных категорий тяжести
выполняемых работ

Категория тяжести	1	2	3	4	5	6
Интегральная балльная оценка	До 1,8	1,9...3,3	3,4...4,5	4,6...5,3	5,4...5,9	6,0 и более

В нашем случае категория тяжести выполнения работ – 5. Льготы и компенсации, соответствующие по условиям тяжести труда на рабочем месте: размер доплат к тарифной ставке (окладу) – 12 %, суммарное время перерывов на отдых – 12 % от смены, дополнительный отпуск – 6 дней.

Задания для самостоятельной работы

1. Выбрать вариант задания из табл. 1.7.
2. Изучить основные положения и методику выполнения задания.
3. Подготовить чистую форму табл. 1.4 и заполнить ее исходными данными согласно варианту задания.
4. Внести в таблицу величину каждого фактора X_i в баллах.
5. Определить интегральную балльную оценку тяжести труда по формуле (1.1) с учетом табл. 1.2.
6. Зная интегральную балльную оценку, определить категорию тяжести труда и дать ее определение.
7. Оформить отчет о выполнении работы и сдать преподавателю.

Таблица 1.7

Варианты заданий

Вариант	Профессия	Факторы рабочей среды	Величина показателя	Продолжительность действия фактора, мин
1	2	3	4	5
1	Инженер-разработчик	Температура воздуха на рабочем месте в теплый период года, °С	18...20	420
		Освещенность рабочего места на уровне санитарных норм: размер объекта, мм	<0,3	420
		разряд зрительной работы	II	420
		Превышение допустимого уровня звука, дБ	2	240
		Рабочее место стационарное, поза свободная	–	–
		Масса перемещаемых грузов	до 5 кг	–
		Работа в утреннюю смену	–	–
		Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч	8	–
		Длительность сосредоточенного наблюдения, процентов от продолжительности рабочей смены	30	–
		Обоснованный режим труда и отдыха с применением функциональной музыки и гимнастики	–	–
Нервно-эмоциональная нагрузка, возникающая в результате простых действий по индивидуальному плану	–	–		

1	2	3	4	5
2	Оператор на вычислительном центре	Температура воздуха на рабочем месте в теплый период года, °С	21...22	420
		Освещенность рабочего места на уровне санитарных норм: размер объекта, мм	<0,3	420
		разряд зрительной работы	II	420
		Превышение допустимого уровня звука, дБ	0,8	360
		Рабочее место стационарное, поза несвободная – до 20 % времени в наклонном положении до 30°	–	–
		Работа в две смены	–	–
		Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч	8	–
		Длительность сосредоточенного наблюдения, процентов от продолжительности рабочей смены	70	–
3	Оператор на вычислительном центре	Число движений пальцев в час	2600	480
		Монотонность: число приемов в операции	3	–
		длительность повторяющихся операций, с	20	–
		Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки и гимнастики	–	–
		Нервно-эмоциональная нагрузка, возникающая в результате простых действий по индивидуальному плану	–	–
4	Монтажник печатных плат	Температура воздуха на рабочем месте в теплый период года, °С	23	420
		Освещенность рабочего места на уровне санитарных норм: размер объекта, мм	0,5	420
		разряд зрительной работы	III	420
		Превышение допустимого уровня звука, дБ	5	240
		Рабочее место стационарное, поза свободная	–	–
		Масса перемещаемых грузов	до 5 кг	–
		Работа в три смены	–	–
		Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч	6	–
Длительность сосредоточенного наблюдения, процентов от продолжительности рабочей смены	80	–		

1	2	3	4	5
		Обоснованный режим труда и отдыха с применением функциональной музыки и гимнастики	–	–
		Нервно-эмоциональная нагрузка, возникающая в результате простых действий по индивидуальному плану	–	–
		Токсичное вещество (пары свинца), кратность превышения ПДК	2,2	420
5	Оператор дисплея автоматической линии по производству изделий механической обработкой	Температура воздуха на рабочем месте в теплый период года, °С	19...20	420
		Освещенность рабочего места на уровне санитарных норм:		
		размер объекта, мм	1	420
		разряд зрительной работы	IV	420
		Превышение допустимого уровня звука, дБ	5	–
		Рабочее место стационарное, поза несвободная – до 20 % времени в наклонном положении до 30°	–	420
		Работа в три смены	–	–
		Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч	4	–
		Длительность сосредоточенного наблюдения, процентов от продолжительности рабочей смены	40	420
		Число важных объектов наблюдения	8	–
		Число движений пальцев в час	100	–
		Монотонность:		
		число приемов в операции	6	240
		длительность повторяющихся операций, с	20	240
Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки	–	–		
Нервно-эмоциональная нагрузка, возникающая в результате простых действий по индивидуальному плану	–	–		
Промышленная пыль, кратность превышения ПДК	1,5	240		

Список использованных источников

1. Андруш, В. Г. Охрана труда : учеб. пособие / В. Г. Андруш, Л. Т. Ткачёва, К. Д. Яшин. – Минск : РИПО, 2017. – 333 с.
2. Берберова, М. А. Аналитические и статистические методы анализа надежности систем и безопасности объектов атомной энергетики : учеб. пособие для студентов вузов / М. А. Берберова, Р. Т. Исламов. – М. : МФТИ, 2014. – 146 с.

3. Вершина, Г. А. Охрана труда : учебник / Г. А. Вершина, А. М. Лазаренков. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 512 с.

4. Давыдовский, А. Г. Безопасность производственной деятельности. Специальные технологические процессы. Практикум : пособие / А. Г. Давыдовский, Н. В. Щербина, К. Д. Яшин. – Минск : БГУИР, 2016. – 82 с.

5. Инструкция по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда [Электронный ресурс] : утв. постановлением М-ва труда и соц. защиты Респ. Беларусь от 22 февр. 2008 г. № 253 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2023.

6. Гигиеническая оценка характера трудовой деятельности по показателям тяжести и напряженности труда: инструкция по применению : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 12 июля 2013 г. № 027–1212. – Минск, 2013. – 40 с.

Практическая работа № 2

ОЦЕНКА ОПАСНОСТЕЙ И РИСКОВ, РАЗРАБОТКА МЕР ПО ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПРИ РАБОТЕ С ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Цель работы: провести исследование рабочего места, получить информацию относительно вредных веществ, применяемых производственных процессов на промышленном предприятии.

Расчет предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ. Для каждого действующего или проектируемого объекта, являющегося источником загрязнения атмосферы, устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов [4]. Предельно допустимый выброс от рассматриваемого объекта должен быть таким, чтобы в совокупности с другими источниками выбросов не создавалось концентраций вредных веществ в воздухе, превышающих предельно допустимые концентрации для населения [3].

$$C_1 + C_2 + \dots + C_j \leq \text{ПДК}. \quad (2.1)$$

Концентрация конкретного вещества (примеси) в атмосферном воздухе формируется несколькими близлежащими источниками выбросов, а также (по некоторым веществам) в результате трансграничного переноса.

Рассеивание примесей в атмосфере – явление, сопутствующее любому выбросу загрязняющих веществ в атмосферу. В прошлом и во многом сейчас рассеивание выбросов является основным способом снижения атмосферных концентраций загрязняющих веществ. Рассеиванию подлежат также очищенные и обезвреженные газовые выбросы.

Многообразие факторов, влияющих на эффективность рассеивания, затрудняет прогнозирование возможных приземных концентраций при выбросе из источников. А такой прогноз особенно необходим для оценки воздействия объекта на атмосферный воздух, при решении проблем, связанных с размещением промышленных объектов, установлением границ санитарно-защитной зоны, проектированием систем очистки и др. [2].

Для прогнозирования приземных концентраций вредных веществ, создаваемых источником или группой источников, используются специальные расчетные методы и компьютерные программы, базирующиеся на теоретических моделях рассеивания примесей в атмосфере и экспериментально установленных закономерностях. Они позволяют рассчитать для различных источников выбросов приземные концентрации загрязняющих веществ в любых точках с учетом фона и без него, учесть наличие в выбросах веществ однонаправленного действия и т. д. [1].

Образовавшаяся в конкретной местности концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе называется фоновой концентрацией (C_{ϕ}) [5]. Она обязательно учитывается при нормировании выбросов загрязняющих веществ из

источника. При этом концентрация загрязняющего вещества в контрольной точке, формируемая рассматриваемым источником выброса ($C_{и}$), должна быть такой, чтобы соблюдалось соотношение

$$C_{и} + C_{ф} \leq \text{ПДК}. \quad (2.2)$$

В этих выражениях используется ПДК_{сс} (среднесуточная) для населенных мест или ПДК_{мр} (максимально разовая). Предельно допустимый выброс устанавливается для каждого источника выброса и каждого загрязняющего вещества [6].

Если по каким-либо объективным причинам нормативы ПДВ не могут быть достигнуты в настоящее время, для них устанавливаются значения временно согласованных выбросов, которые должны отвечать современному уровню технологии данного производства.

Норматив ПДВ устанавливается в граммах в секунду или тоннах в год выбрасываемого вредного вещества.

Первое значение норматива используется для контроля за работой пыле-, газоочистных установок, второе – для расчета платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу [6].

Основой для обоснования нормативов ПДВ является прогноз ожидаемых концентраций вредных веществ в контрольных точках приземного слоя атмосферы, создаваемых источником выброса, с учетом фоновых концентраций. Указанный прогноз осуществляется на основе расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [2].

Примесь, выброшенная в атмосферу из источника, рассеивается и переносится в воздухе постоянно существующими вихрями разных масштабов. Интенсивность рассеивания в разных погодных условиях различна и определяется главным образом двумя факторами: направлением и силой ветра, температурой воздуха и ее изменением по высоте. Разность температур между слоями воздуха определяется степенью нагретости поверхности земли. Чем сильнее нагрета эта поверхность, тем интенсивнее вертикальное перемещение воздуха. Кроме состояния атмосферы существенное влияние на рассеивание оказывают параметры источника выбросов и особенности рельефа местности [2].

Все источники выбросов в атмосферу делятся на *организованные* (трубы, газоходы, воздухопроводы), поступающие в атмосферу в виде направленных потоков газа, и *неорганизованные* – в виде ненаправленных потоков газа, вследствие нарушения герметичности оборудования, при загрузке сыпучих и летучих материалов, кучном хранении материалов, при испарении с открытых поверхностей и т. д.

Организованные источники в зависимости от размеров делятся на *точечные* (труба) и *линейные* (аэрационный фонарь).

Источники могут быть *подвижными* и *неподвижными*.

Основными параметрами источников, которые влияют на рассеивание выбросов, являются высота над поверхностью земли и размеры выходного отверстия.

Чем больше высота трубы, тем больше территория, на которой рассеиваются выбросы. Труба высотой 100 м позволяет рассеивать вещества в круге радиусом до 20 км, а труба высотой 250 м – в радиусе до 75 км [1].

Характеристиками выбросов, учитываемыми при рассеивании, являются температура выброса, скорость выхода газовой струи, содержание и физические свойства примеси.

С увеличением разности температур между окружающим воздухом и выбрасываемым газовым потоком улучшаются условия рассеивания.

Рельеф местности может оказывать существенное влияние на характер рассеивания и распределения примесей вблизи поверхности земли. В сложных формах рельефа возникает местная циркуляция воздуха, образуются восходящие и нисходящие потоки, возможно образование застойных зон.

Для низких источников значительное влияние на рассеивание оказывают высота близко стоящих зданий, их взаимное расположение.

Наихудшие условия рассеивания создаются при так называемых неблагоприятных метеорологических условиях. К ним относятся скорость ветра выше определенного значения (опасная скорость ветра) и застойные явления, связанные с безветрием (штиль), туманом, нарушением характера изменения температуры воздуха по высоте (температурная инверсия). При неблагоприятных метеорологических условиях возникает опасность значительного увеличения приземных концентраций загрязняющих веществ, возникновения смога и т. д. [2].

Методика расчета загрязнения атмосферы в приземном слое [6]. На основе расчета концентраций в атмосферном воздухе загрязняющих веществ, создаваемых источником выбросов в атмосферу, осуществляются расчет и установление предельно допустимых выбросов веществ, переносимых воздушными потоками от стационарных источников. Как уже отмечалось, ПДВ – научно-технический норматив, устанавливаемый для каждого конкретного источника загрязнения атмосферы при условии, что выбросы вредных веществ от него с учетом их рассеивания и превращений не создадут приземных концентраций, превышающих установленные нормативы качества воздуха. Критериями качества воздуха, используемыми при расчетах, являются ПДК веществ в атмосферном воздухе населенных мест [3].

Рассеивание вредных примесей в атмосфере от холодных и нагретых источников происходит по-разному.

Мерой нагретости газозвушной смеси служит разность температур выброса при выходе из устья источника и окружающего воздуха

$$\Delta T = T_{\Gamma} - T_{\text{в}}, \quad (2.3)$$

где T_{Γ} – температура газозвушной смеси, °С;

$T_{\text{в}}$ – температура окружающего воздуха, °С.

Отнесение источника к холодному или нагретому производится по принятому значению разности температур T_a , которое обычно составляет 10–150 °С. Температура окружающего воздуха принимается для самого жаркого месяца (для

Беларуси это июль), что соответствует неблагоприятным для рассеивания примесей метеорологическим условиям [2].

Коэффициент, учитывающий скорость перемещения температурного фронта, рассчитывается в зависимости от значения ΔT по следующим формулам:

$$V_m = 0,65(V_1\Delta T/H)^{1/3} \text{ при } \Delta T > T_a; \quad (2.4)$$

$$V'_m = 1,3W_0D/H \text{ при } \Delta T \leq T_a, \quad (2.5)$$

где V_1 – объем газовой выброса источника, м³/с;

H – высота источника выброса, м;

D – диаметр устья источника выброса, м;

W_0 – скорость выхода смеси из устья, м/с.

$$W_0 = 4V_1/(3,14D^2). \quad (2.6)$$

Ускорение перемещения фронта охлаждения смеси включает в себя параметр f , м/(с², °С):

$$f = (10^3W_0^2D)/(H^2\Delta T); \quad (2.7)$$

$$f_e = 800(V'_e)^3. \quad (2.8)$$

Для выброса холодной и нагретой газовой смеси безразмерный коэффициент d определяется по формулам [3–5]:

$$d = 4,95V_m(1 + 0,28f^{1/3}) \text{ при } 0,5 < V_m \leq 2; \Delta T > T_a; \quad (2.9)$$

$$d = 2,48(1 + 0,28f^{1/3}) \text{ при } V_m \leq 0,5; \Delta T > T_a; \quad (2.10)$$

$$d = 7\sqrt{V_m}(1 + 0,28f^{1/3}) \text{ при } V_m > 2; \Delta T > T_a; \quad (2.11)$$

$$d = 11,4V'_m \text{ при } 0,5 < V'_m \leq 2; \Delta T < T_a; \quad (2.12)$$

$$d = 16,1\sqrt{V'_m} \text{ при } V'_m \leq 0,5; \Delta T < T_a. \quad (2.13)$$

Величина опасной скорости ветра U_m на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой имеет место наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, в случае $f > 100$ вычисляется по соотношениям

$$U_m = 0,5 \text{ при } V_m \leq 0,5; \Delta T > T_a; \quad (2.14)$$

$$U_m = V_m \text{ при } 0,5 < V_m \leq 2; \Delta T > T_a; \quad (2.15)$$

$$U_m = V_m(1 + 0,12\sqrt{f}) \text{ при } V_m > 2; \Delta T > T_a. \quad (2.16)$$

Для $f \geq 100$ и $\Delta T < T_a$ значение U_m вычисляется по формулам

$$U_m = 2,2V'_m \text{ при } V'_m > 2; \quad (2.17)$$

$$U_m = 0,5 \text{ при } V'_m \leq 0,5; \quad (2.18)$$

$$U_m = V'_m \text{ при } 0,5 < V'_m \leq 2. \quad (2.19)$$

Безразмерные коэффициенты m и n , учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса, находятся по формулам

$$m = 1/(0,67f^{1/2} + 0,1 + 0,34f^{1/3}) \text{ при } f < 100; \quad (2.20)$$

$$m = 1,47f^{1/3} \text{ при } f \geq 100. \quad (2.21)$$

Для $f_e < f < 100$ значение коэффициента m вычисляется при $f = f_e$. Коэффициент n при $f < 100$ определяется в зависимости от V_m по формулам

$$n = 1 \text{ при } V_m \geq 2; \quad (2.22)$$

$$n = 0,532V_m^2 - 2,13V_m + 3,13 \text{ при } 0,5 \leq V_m < 2; \quad (2.23)$$

$$n = 4,4V_m \text{ при } V_m < 0,5. \quad (2.24)$$

Для $f \geq 100$ при $\Delta T < T_a$ коэффициент n вычисляется по формулам (2.22)–(2.24) при $V_m = V'_m$.

Величина максимальной приземной концентрации вредных веществ от одиночного источника с круглым устьем для выброса нагретой газовой смеси при неблагоприятных метеорологических условиях определяется по формуле

$$C_m = (AMFmn\eta)/(H^2(V_1\Delta T)^{1/3}), \quad (2.25)$$

где A – показатель, характеризующий климатические и метеорологические условия; для Беларуси $A = 160$;

M – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F – безразмерный коэффициент; для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей, скорость упорядоченного оседания наиболее крупных

фракций которых не превышает 3–5 см/с, $F = 1$; для крупнодисперсной пыли и золы при степени очистки более 90 % $F = 2$; при степени очистки 75–90 % $F = 2,5$; при степени очистки менее 75 % $F = 3$, если выбросы пыли сопровождаются выделением водяного пара и его конденсацией и коагуляцией пылевых частиц, $F = 3$;

η – безразмерный коэффициент, принимается $\eta = 1$, если в радиусе 50 высот труб H от источника перепад отметок местности не превышает 50 м на 1 км; в других случаях поправка на рельеф устанавливается на основе анализа картографического материала.

Величина максимальной приземной концентрации вредных веществ C_m для выброса холодной газовой смеси ($f \geq 100$, $\Delta T < T_a$ и V'_m) из круглого устья одиночного источника при неблагоприятных метеорологических условиях определяется по формуле

$$C_m = ((AMF\eta)/H^{3/4})(D/(8V_1)). \quad (2.26)$$

Расстояние от источника выброса, на котором достигается максимальная приземная концентрация вредного вещества:

$$X_m = dH \text{ при } F < 2; \quad (2.27)$$

$$X_m = (5 - F)dH/4 \text{ при } F \geq 2. \quad (2.28)$$

Расчет предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу [6]. Как уже отмечалось, основными критериями качества атмосферного воздуха при установлении ПДВ являются ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [4]. При этом требуется выполнение соотношения, приведенного в формуле (2.2).

Величина ПДВ (г/с) для выбросов нагретой газовой смеси из одиночного источника с круглым устьем или группы таких близко расположенных одинаковых источников в случаях, когда фоновая концентрация C_ϕ рассматриваемой примеси установлена не зависящей от направления и скорости ветра и постоянной по всей территории промышленной площадки [6], определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = (\text{ПДК}^{-C_\phi})H^2(V_1\Delta T)^{1/3}/(AF\eta). \quad (2.29)$$

Величина ПДВ для случая выброса холодной газовой смеси при прочих условиях, одинаковых с рассмотренными выше, определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = [(\text{ПДК}^{-C_\phi})H^{4/3}/(AF\eta)]8V_1/D. \quad (2.30)$$

Величина ПДВ устанавливается для конкретного источника и вещества [3]. На основании величины ПДВ может быть определена необходимая степень очистки отходящих пылегазовых потоков перед выбросом в атмосферу [4].

Аналогичным образом можно определить минимальную высоту источника (м), обеспечивающую соблюдение санитарных нормативов качества атмосферного воздуха ($C_m = \text{ПДК}$) для выбросов нагретой газовой смеси:

$$H = [(AFMm\eta)/\text{ПДК}^{-C_0}]^{1/2} (1/V_1 \Delta T)^{1/6}. \quad (2.31)$$

Для выбросов холодной газовой смеси

$$H = ((AFMm\eta D/8V_1)/\text{ПДК}^{-C_0})^{3/4}. \quad (2.32)$$

Пример решения задач

Задача

Оценить загрязнение атмосферного воздуха в жилой зоне, расположенной около производственного помещения. Сделать вывод, соответствует ли нормативным требованиям атмосфера воздуха жилой застройки, если в нем присутствуют такие загрязнители, как акролеин и дихлорэтан. При условии, что производственная труба имеет высоту 150 м и диаметр 40 м, а температура выбрасываемой газовой смеси составляет 170 °С, и с учетом данных, приведенных в табл. 2.1 (вариант 2), определить ожидаемую концентрацию вредных веществ в приземном слое, обосновать необходимость проведения мероприятий по защите воздушной среды.

Решение

1. Определяем разность температур ΔT выброса при выходе из устья источника и окружающего воздуха:

$$\Delta T = 170 - 20 = 150.$$

2. Коэффициент V_m , учитывающий скорость перемещения температурного фронта, рассчитывается в зависимости от значения ΔT при скорости выхода смеси из устья $V_0 = 12$ м/с.

3. Так как $\Delta T > T_v$, получаем значение

$$V_m = 0,65(12 \cdot 150/40)^{1/3} = 2,79 \text{ м/с.}$$

4. Параметр f для нахождения ускорения фронта охлаждения смеси

$$f = (10^3 \cdot 12^2 \cdot 1,5)/(40^2 \cdot 150) = 0,9.$$

5. Определяем безразмерный коэффициент d выброса смеси:

$$D = 7 \cdot 2,7^{1/2} (1 + 0,28 \cdot 0,91/3) = 3,273.$$

6. Определяем опасную скорость ветра на уровне флюгера U_m :

$$U_m = 2,79(1 + 0,12 \cdot 0,9^{1/2}) = 3,1 \text{ м/с.}$$

7. Высчитываем безразмерные коэффициенты m и n , которые учитывают условия выброса газовой смеси из устья источника:

$$m = 1/(0,67 + 0,1 \cdot 0,9^{1/3}) = 0,76,$$

$$n = 1 \text{ при } V_m \geq 2.$$

8. Определяем максимальную концентрацию C_m для каждого вещества в смеси. Максимальная концентрация акролеина

$$C_{m1} = [(160 \cdot 5 \cdot F \cdot 1)/40^{4/3}][1,5/8 \cdot 12] = 0,0657 \text{ мг/м}^3.$$

Максимальная концентрация дихлорэтана

$$C_{m2} = [(160 \cdot 5 \cdot F \cdot 1)/40^{4/3}] = 0,0056 \text{ мг/м}^3.$$

9. Безразмерный коэффициент F принимается равным 1 как для газообразных вредных веществ, так и для мелкодисперсных аэрозолей.

10. Складываем C_m с фоновым значением C_ϕ каждого вещества. Концентрация акролеина:

$$C_m + C_\phi = 0,0657 + 0,02 = 0,0857 \text{ мг/м}^3.$$

Концентрация дихлорэтана:

$$C_m + C_\phi = 0,0056 + 0,5 = 0,5056 \text{ мг/м}^3.$$

11. Полученные значения концентраций сравниваем с ПДК. В нашем случае концентрация дихлорэтана соответствует норме. У акролеина заметное превышение нормы.

12. Рассчитаем предельно допустимый выброс дихлорэтана:

$$\text{ПДВ} = \frac{((3-0,5) \cdot 40^{4/3})}{160 \cdot 1 \cdot 1} \cdot \left(\frac{8 \cdot 21,2}{1,5} \right) = 241,67 \text{ мг/с.}$$

13. Чтобы сократить объем и токсичность выбросов объекта и снизить приземные концентрации загрязняющих веществ, нужно провести мероприятия по очистке и обезвреживанию вредных веществ из отходящих газов.

Задача для самостоятельной работы

1. Определить ожидаемую концентрацию вредных веществ в приземном слое воздуха жилого района, обосновать необходимость проведения мероприятий по защите воздушной среды и при необходимости рассчитать предельно допустимый выброс загрязняющих веществ в газовой смеси, а также требуемую эффективность очистных сооружений для обеспечения безвредности атмосферы в жилой зоне.

Исходные условия приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Исходные данные к задаче

Параметр	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
Высота трубы, м	80	40	50	45	58	55
Диаметр трубы, м	1,4	1,5	1,2	1,3	0,9	1,1
Высота здания, м	20	12	14	10	15	12
Расстояние от оси трубы до заветренной стороны здания, м	10	5	12	9	24	10
Ширина здания, м	40	32	18	16	30	20
Температура выбрасываемой газовой смеси, °С	100	120	125	80	90	95
Скорость газовой смеси в устье трубы, м/с	8	10	14	12	10	12
Расстояние от источника до жилой зоны, м	1680	2000	800	1500	800	1300
Температура воздуха, °С	20	20	20	20	20	20
Коэффициент стратификации атмосферы	120	120	120	120	120	120

1	2	3	4	5	6	7
Состав выбрасываемой смеси и концентрация вредных веществ, мг/м ³	Формальдегид – 4,0; ксилол – 1,2	Акролеин – 0,6; дихлорэтан – 1,0	Толуол – 9,0; фенол – 0,6	Бензин – 0,7; хромовый ангидрид – 0,04	Окись азота – 0,02; ацетон – 2,0	Сероводород – 0,001; соляная кислота – 14,0
Фоновая концентрация вредных химических веществ, мг/м ³	Формальдегид – 0,01; ксилол – 0,05	Акролеин – 0,02; дихлорэтан – 0,5	Толуол – 0,15; фенол – 0,005	Бензин – 1,5; хромовый ангидрид – 0,001	Окись азота – 0,02; ацетон – 0,1	Сероводород – 0,001; соляная кислота – 0,05

Список использованных источников

1. Асаёнок, И. С. Основы экологии и экономика природопользования : учеб. пособие / И. С. Асаёнок, Т. Ф. Михнюк. – Минск : БГУИР, 2004. – 60 с.
2. Мисун, Л. В. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух : пособие / Л. В. Мисун, В. М. Раубо, А. Н. Гурина. – Минск : БГАТУ, 2011. – 112 с.
3. О нормативах допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух : постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 19 окт. 2020 г., № 21 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2020. – № 8/35994. – 11 с.
4. ТКП 17.02-08–2012 (02120). Охрана окружающей среды и природопользование. Правила проведения оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и подготовки отчета. – Введ. 2012–03–01. – Минск : БелНИЦ «Экология», 2012. – 48 с.
5. ТКП 17.13-05–2012. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воздуха. Порядок расчета фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов. – Введ. 2013–01–01. – Минск, 2012. – 26 с.
6. ЭкоНиП 17.01.06-001–2017. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности. – Введ. 2017–10–01. – Минск, 2017. – 244 с.

Практическая работа № 3

ОЦЕНКА ОПАСНОСТЕЙ И РИСКОВ, РАЗРАБОТКА МЕР ПО ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПРИ РАБОТЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ШУМА

Цель работы: произвести оценку шумового воздействия на работника и установить меры предотвращения неблагоприятного воздействия шума на работников.

Краткая характеристика акустических загрязнений

В современных условиях городское население подвергается шумовому воздействию круглосуточно: на работе, в транспорте, дома, во время отдыха и сна. Поэтому обеспечение безопасности жизнедеятельности людей в условиях шумовых воздействий является чрезвычайно важной проблемой [2].

Шум – совокупность звуков, различных по частоте и интенсивности, возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах. В обыденной жизни шумом называют всякий мешающий звук.

Звук – распространяющиеся в упругих средах (газах, жидкостях и твердых телах) механические колебания, воспринимаемые ухом человека.

Звуковые волны возникают при нарушении стационарного состояния среды вследствие воздействия на нее какой-либо возмущающей силы. Частицы среды при этом начинают колебаться относительно положения равновесия. Звуковые волны распространяются в пространстве, называемом звуковым полем.

В каждой точке звукового поля давление и скорость движения частиц воздуха изменяются во времени. Разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением, которое наблюдается в невозмущенной среде, называется звуковым давлением и измеряется в паскалях (Па) [2].

При распространении звуковой волны происходит перенос кинетической энергии, величина которой определяется интенсивностью звука I . Интенсивность – это энергия, переносимая звуковой волной через поверхность площадью в 1 м^2 , перпендикулярную направлению распространения звуковой волны в секунду, т. е.

$$I = P^2 / (\rho \cdot c), \text{ Вт/м}^2, \quad (3.1)$$

где P – среднеквадратичное значение звукового давления, Па;

ρ – плотность среды, кг/м³;

c – скорость распространения звука в среде, м/с [2, 6].

Слуховой аппарат человека обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты. Минимальное звуковое давление и минимальная интенсивность звуков, воспринимаемых ухом человека, определяют порог слышимости. За эталонный принят звук с частотой 1000 Гц. При этой частоте порог слышимости по интенсивности составляет $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$, а соответствующее ему звуковое дав-

ление $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па. Верхняя граница воспринимаемых человеком звуков определяется так называемым порогом болевого ощущения. При частоте 1000 Гц порог болевого ощущения возникает при $I = 10$ Вт/м² и $P = 2 \cdot 10^2$ Па. Между порогом слышимости и болевым порогом лежит область слышимости [2].

Ухо человека реагирует не на абсолютное, а на относительное изменение интенсивности звука, при этом ощущения человека пропорциональны логарифму количества энергии шума или другого раздражителя. Кроме того, раздражающее действие шума на человека пропорционально не квадрату звукового давления, а логарифму от него. Поэтому на практике для характеристики шума пользуются двумя логарифмическими величинами: уровнем интенсивности L_I и уровнем звукового давления L_P , выраженными в децибелах, т. е.

$$L_I = 10 \lg I / I_0, \text{ дБ}, \quad (3.2)$$

$$L_P = 20 P / P_0, \text{ дБ}, \quad (3.3)$$

где I – интенсивность звука в данной точке, Вт/м²;

$I_0 = 10^{-12}$ – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости при частоте 1000 Гц, Вт/м²;

P – звуковое давление в данной точке, Па;

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ – пороговое звуковое давление на частоте 1000 Гц, Па [2].

Наибольшая чувствительность слухового аппарата человека характерна для средних и высоких частот (800...1000 Гц), наименьшая – для низких (20...100 Гц). Поэтому, чтобы приблизить результаты объективных измерений к субъективному восприятию, введено понятие коррективного уровня звукового давления.

Суть коррекции – введение зависящих от частот звука поправок к уровню соответствующей величины. Наиболее употребительна коррекция A . Корректированный уровень звукового давления ($L_A = L_P - \Delta L_A$) называется *уровнем звука* и измеряется в акустических децибелах (дБА) [5].

При исследовании шумов весь диапазон частот разбивают на полосы частот и определяют мощность процесса, приходящегося на каждую полосу. Чаще всего используют октавные ($f_2/f_1 = 2$) и третьоктавные ($f_2/f_1 = \sqrt[3]{2}$) полосы частот, где f_2 и f_1 – верхняя и нижняя граничные частоты соответственно. При этом в качестве частоты, характеризующей полосу (октаву) в целом, берется среднегеометрическая частота f_{cr} , равная

$$f_{cr} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}. \quad (3.4)$$

Например, октавную полосу 90...180 Гц выражает $f_{cr} = 125$ Гц. В результате сформирован стандартный ряд из девяти октавных полос со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Источниками шума на производстве могут быть оборудование, изделия, эксплуатируемые машины, технологические процессы и др. Любой источник шума характеризуется следующими параметрами:

а) звуковая мощность источника P – это общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство за единицу времени;

б) фактор направленности излучения Φ , показывающий отношение интенсивности звука, создаваемой направленным источником в данной точке I , к интенсивности $I_{\text{ср}}$, которую развил бы в этой же точке ненаправленный источник, имеющий ту же звуковую мощность и излучающий звук во все стороны одинаково, т. е.

$$\Phi = I/I_{\text{ср}} = P^2/P_{\text{ср}}^2; \quad (3.5)$$

в) уровни звуковой мощности шума в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц, а также скорректированный уровень звуковой мощности.

Шумы классифицируются:

а) по характеру спектра – на широкополосные и тональные. *Широкополосный* – это шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы. *Тональный* – это шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные (тональные) составляющие;

б) по временным характеристикам – постоянные и непостоянные. *Постоянный* – это шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА. *Непостоянный* – это шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени более чем на 5 дБА [4, 6].

Непостоянный шум подразделяют на колеблющийся, прерывистый и импульсный.

Колеблющийся – это шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени. *Прерывистый* – это шум, уровень звука которого изменяется во времени ступенчато (на 5 дБА и более). *Импульсный* – это шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

Нормируемыми параметрами постоянного шума на рабочих местах являются:

а) уровни звукового давления L_P в девяти октавных полосах, определяемые по формуле (3.3);

б) уровень звука L_A , определяемый по формуле

$$L_A = 20 \lg P_A/P_0, \text{ дБА}, \quad (3.6)$$

где P_A – среднеквадратичное значение звукового давления с учетом коррекции A шумомера, Па.

Нормируемыми параметрами непостоянного шума на рабочих местах являются:

а) эквивалентный (по энергии) уровень звука, измеряемый в акустических децибелах;

б) максимальный уровень звука [3].

Источниками шумового загрязнения городских территорий являются: потоки всех видов наземного автомобильного и рельсового транспорта; промышленные предприятия; аэродромы; открытые спортивные сооружения и игровые площадки; площадки для погрузочно-разгрузочных работ предприятий; коммунально-бытовые хозяйства; механизмы и машины, используемые при строительстве, уборке и благоустройстве городских территорий, и др. В акустической нагрузке городской среды на человека преобладает шум автомобильного и рельсового транспорта, доля которого составляет 60–80 % от всех шумов.

Шум является общебиологическим раздражителем. Воздействуя на нервную систему, он оказывает влияние на весь организм человека. Шум вызывает головные боли, повышение кровяного давления, снижает концентрацию внимания и остроту зрения, ослабляет память, замедляет психические реакции, приводит к расстройству нервной системы, понижает работоспособность и производительность труда, способствует возникновению условий, которые приводят к несчастным случаям. Интенсивный шум провоцирует изменения в сердечно-сосудистой системе, приводит к развитию заболеваний органов слуха – тугоухости [1].

Для снижения шума можно применить следующие способы: уменьшение шума в источнике; изменение направленности излучения; рациональная планировка предприятий; акустическая обработка помещений; уменьшение шума на пути его распространения [3].

Шум возникает вследствие упругих колебаний как машины в целом, так и отдельных ее деталей. Причины возникновения этих колебаний – механические, аэродинамические, гидродинамические и электрические явления, определяемые конструкцией и характером работы машины, условиями эксплуатации. В связи с этим различают шумы механического, аэродинамического, гидродинамического и электромагнитного происхождения.

Показатель направленности излучения следует учитывать при проектировании установок и рабочих мест с направленным излучением, так как значение Φ может достигать относительно больших величин. Максимум излучаемого шума должен быть направлен в противоположную сторону от рабочего места или жилого дома. При планировке предприятия наиболее шумные цеха должны быть сконцентрированы в одном-двух местах. Расстояние между шумными цехами и тихими помещениями должно обеспечивать необходимое снижение шума. Если предприятие расположено в черте города, то шумные цеха следует располагать в глубине предприятия, дальше от жилых домов [6].

Интенсивность шума в помещениях зависит не только от прямого, но и от отраженного звука. Поэтому если нет возможности уменьшить прямой звук, то для снижения шума нужно уменьшить энергию отраженных волн. Этого можно достичь, увеличив эквивалентную площадь звукопоглощения помещения путем размещения на его внутренних поверхностях звукопоглощающих облицовок, а также установки в помещениях штучных звукопоглощателей. Это мероприятие называется акустической обработкой помещения. Свойствами поглощения звука обладают все строительные материалы. Однако звукопоглощающими материалами принято называть лишь те, у которых коэффициент звукопоглощения на средних

частотах больше 0,2. Наиболее часто в качестве звукопоглощающей облицовки применяют конструкции в виде слоя однородного пористого материала определенной толщины (ультратонкое стекловолокно, капроновое волокно, минеральная вата, древесно-волоконистые плиты и др.) [1].

Уменьшение шума на пути его распространения предусматривает применение звукоизолирующих ограждений, звукоизолирующих экранов, кожухов, кабин, глушителей шума [3].

Примеры решения задач

Задача 1

В механическом цехе длиной 5 м, шириной 5 м и высотой 4 м имеется два рабочих места, где установлено шумящее оборудование. Октавный уровень звукового давления источника шума (ИШ) L_p на среднегеометрической частоте 1000 Гц составляет 100 дБ. Фактор направленности ИШ $\Phi = 1,6$; пространственный угол $\Omega = 2\pi$; наибольший геометрический размер ИШ $l_{\max} = 1$ м; расстояние от ИШ до первого рабочего места (РТ₁) $r_1 = 2,0$ м, до второго (РТ₂) $r_2 = 4$ м. Определить уровень звукового давления (УЗД) на рабочих местах и требуемое снижение шума.

Решение

1. Расчет ожидаемых УЗД на рабочих местах в помещениях с одним ИШ в зоне прямого и отраженного звука производится по формуле

$$L = L_p + 10 \lg \left(\frac{K\Phi}{S} + \frac{4\psi}{B} \right),$$

где L – октавный уровень звукового давления ИШ, дБ;

K – коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля, определяемый согласно рис. П.1;

Φ – фактор направленности излучения ИШ – безразмерная величина, определяемая по технической документации или опытным данным;

S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, проходящей через расчетную точку, повторяющей упрощенно форму ИШ, м²;

ψ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, определяемый согласно рис. П.2;

B – постоянная помещения в октавных полосах частот. В помещениях без звукопоглощающих облицовок и конструкций определяется из соотношения

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \text{ м}^2,$$

где B_{1000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, определяемая согласно рис. П.1, м²;

μ – частотный множитель, определяемый согласно табл. П.2.

2. Согласно рис. П.1 определяем коэффициент К. Для этого:

а) рассчитаем отношение r/l_{\max} для первого и второго рабочих мест:

$$\text{для } PT_1 \quad r_1/l_{\max} = 2/1 = 2;$$

$$\text{для } PT_2 \quad r_2/l_{\max} = 4/1 = 4;$$

б) находим коэффициенты К для PT_1 и PT_2 . Они равны 1.

3. Рассчитаем площади воображаемых поверхностей, проходящих через расчетные точки S_1 и S_2 , из соотношений:

$$S_1 = 2\pi r_1^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 2^2 = 25,12 \text{ м}^2 \text{ для } PT_1;$$

$$S_2 = 2\pi r_2^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 4^2 = 100,48 \text{ м}^2 \text{ для } PT_2.$$

4. Определяем постоянную помещения B из выражения $B = B_{1000} \cdot \mu$.

Для этого:

а) согласно табл. П.1 определяем B_{1000} для первого типа помещения:

$$B_{1000} = U/20, \text{ м}^2, \text{ тогда } B_{1000} = (5 \cdot 5 \cdot 4)/20 = 5 \text{ м}^2;$$

б) согласно табл. П.2 определяем частотный множитель μ . Он равен $\mu = 1$. Следовательно,

$$B_{1000} \cdot \mu = 5 \cdot 1 = 5 \text{ м}^2.$$

5. Рассчитаем площадь ограждающих поверхностей $S_{\text{огр}}$:

$$S_{\text{огр}} = 2 \cdot (5 \cdot 5 + 5 \cdot 4 + 5 \cdot 4) = 130 \text{ м}^2.$$

6. Согласно рис. П.2 определяем коэффициент ψ . С этой целью рассчитаем соотношение $B/S_{\text{огр}} = 5/130 = 0,038$. Тогда коэффициент $\psi = 1$.

Определяем $K\Phi/S$ для PT_1 и PT_2 . Это соответственно

$$K\Phi/S_1 = (1 \cdot 1,6)/25,12 = 0,0637 \text{ и } K\Phi/S_2 = (1 \cdot 1,6)/100,48 = 0,016.$$

7. Определяем слагаемое $4\psi/B$ для рабочих мест:

$$\frac{4\psi}{B} = \frac{4 \cdot 1}{5} = 0,8.$$

8. Определяем сумму $(K\Phi/S + 4\psi/B)$ для PT_1 и PT_2 . Для PT_1 получаем величину, равную 0,864, для PT_2 – 0,816.

9. Определяем логарифмы сумм:

$$\lg 0,864 = -0,063;$$

$$\lg 0,816 = -0,088.$$

Рассчитаем ожидаемые уровни звукового давления в PT_1 и PT_2 :

$$L_1 = 100 - 0,63 = 99,37 \text{ дБ};$$

$$L_2 = 100 - 0,88 = 99,12 \text{ дБ}.$$

10. Согласно табл. П.3 определяем допустимые октавные уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$ на рабочих местах. На частоте $f_{\text{сг}} = 1000$ Гц $L_{\text{доп}} = 80$ дБ.

11. Рассчитаем требуемое снижение уровня звукового давления $\Delta L_{\text{тр}}$ для PT_1 и PT_2 из соотношения

$$\Delta L_{\text{тр}} = L_1 - L_{\text{доп}}.$$

Тогда

$$\Delta L_{\text{тр}} PT_1 = 99,37 - 80 = 19,37 \text{ дБ};$$

$$\Delta L_{\text{тр}} PT_2 = 99,12 - 80 = 19,12 \text{ дБ}.$$

Задача 2

Рассчитать ожидаемый УЗД в расчетной точке на территории жилой застройки и в защищаемом от шума помещении при следующих условиях: источник шума – транспортный поток при двустороннем движении интенсивностью 700 ед/ч и средневзвешенной скоростью 53 км/ч; продольный уклон проезжей части с асфальтобетонным покрытием 2 %; расстояние от осевой линии крайней полосы движения до жилых строений – 60 м. Между транспортной магистралью и жилым кварталом имеется двухрядная полоса зеленых насаждений, ширина полосы l равна 21 м при расстоянии между рядами 3 м; стена жилого дома, обращенная к транспортной магистрали, имеет спаренные окна, толщина стекол – 6 и 3 мм, воздушный промежуток между стеклами – 57 мм с уплотняющими прокладками. Сделать выводы о соответствии полученных данных с допустимых УЗД.

Решение

1. Определяем общий ожидаемый УЗД $L_{A_{\text{ЭКВ}}}$ источника шума из выражения

$$L_{A_{\text{ЭКВ}}} = L_{A7} + \Delta L_{A_{\text{ск}}} + \Delta L_{A_{\text{укл}}} + \Delta L_{A_{\text{покр}}},$$

где L_{A7} – эквивалентный УЗД автотранспортного потока, определяемый согласно табл. П.4;

$\Delta L_{A_{ск}}$ – поправка к эквивалентному УЗД транспортных потоков на скорость движения, определяемая согласно табл. П.5;

$\Delta L_{A_{укл}}$ – поправка к эквивалентному УЗД на уклон проезжей части, определяемая согласно табл. П.5;

$\Delta L_{A_{покр}}$ – поправка к эквивалентному УЗД на покрытие проезжей части, определяемая согласно табл. П.6.

2. Определяем значения каждого слагаемого $L_{A_{экв}}$:

а) согласно табл. П.4 определяем L_{A7} : при движении транспорта с интенсивностью 700 ед/ч $L_{A7} = 75$ дБА;

б) согласно табл. П.5 определяем поправку на скорость движения $\Delta L_{A_{ск}}$: так как скорость движения 53 км/ч, то $\Delta L_{A_{ск}} = 2$ дБА;

в) согласно табл. П.5 определяем поправку на уклон проезжей части $\Delta L_{A_{укл}}$: по условию задачи уклон проезжей части 2 %, следовательно, $\Delta L_{A_{укл}} = 1$ дБА;

г) согласно табл. П.6 определяем поправку на тип покрытия проезжей части: проезжая часть покрыта асфальтобетоном, значит, $\Delta L_{A_{покр}} = 0$ дБА; следовательно, общий ожидаемый УЗД $L_{A_{экв}}$ рассчитывается следующим образом:

$$L_{A_{экв}} = 75 + 2 + 1 + 0 = 78 \text{ дБА.}$$

3. Определяем снижение УЗД за счет расстояния, зеленых насаждений и окон:

а) расстояние от осевой линии крайней полосы движения до жилых строений $\Delta L_{A_{рас}}$ рассчитывается по формуле

$$\Delta L_{A_{рас}} = 10 \lg \frac{R}{R_1},$$

где R – расстояние от осевой линии полосы движения до жилых строений, м;

R_1 – расстояние, на котором определена шумовая характеристика источника шума ($R_1 = 7,5$ м).

Тогда

$$\Delta L_{A_{рас}} = 10 \lg \frac{60}{7,5} \text{ дБА;}$$

б) согласно табл. П.7 определяем снижение УЗД за счет зеленых насаждений $\Delta L_{A_{зел}}$: так как полоса зеленых насаждений двухрядная и имеет ширину $l = 21$ м, то $\Delta L_{A_{зел}} = 9$ дБА;

в) согласно табл. П.8 определяем снижение УЗД благодаря окнам $\Delta L_{A_{ок}}$: окна имеют спаренную конструкцию, толщина стекол – 6 и 3 мм с уплотняющими прокладками, следовательно, $\Delta L_{A_{ок}} = 28$ дБА.

4. Общее снижение УЗД составит:

- а) для территории $\Delta L_{\text{Атер}} = \Delta L_{\text{Арас}} + \Delta L_{\text{Азел}} = 9 + 9 = 18$ дБА;
 б) для помещений $\Delta L_{\text{Апом}} = \Delta L_{\text{Атер}} + \Delta L_{\text{Аок}} = 18 + 28 = 46$ дБА.

Выводы

1. Ожидаемый УЗД на территории – 78 дБА, снижение – 18 дБА. Следовательно, $L_{\text{Атер}} = 78 - 18 = 60$ дБА, что превышает допустимые уровни для дневного времени на 5 дБА и для ночного – на 15 дБА (табл. П.9).

2. Ожидаемый УЗД в помещении $\Delta L_{\text{Апом}} = \Delta L_{\text{Атер}} - \Delta L_{\text{Аок}} = 60 - 28 = 32$ дБА не превышает УЗД в дневное время и на 8 дБА превышает в ночное время (табл. П.9).

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

В механическом цеху длиной 6 м, шириной 5 м и высотой 4 м имеется два рабочих места и установлено шумящее оборудование. Октавные уровни звукового давления источника шума на среднегеометрических частотах $f_{\text{сг}}$ (Гц) составляют L_P (дБ). Факторы направленности ИШ Ф приведены в табл. 3.1; пространственный угол равен 2° ; наибольший геометрический размер ИШ $l_{\text{max}} = 1$ м. Расстояния от ИШ до первого рабочего места (PT_1) – r_1 м, до второго (PT_2) – r_2 м.

Определить ожидаемые уровни звукового давления на рабочих местах и требуемое снижение шума. Исходные данные для расчета приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Исходные данные к задаче 1

Параметры	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Среднегеометрическая частота f , Гц	65	125	250	500	1000	2000
Уровень звукового давления L_P , дБ	110	100	95	90	85	83
Фактор направленности Ф	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Расстояние от ИШ до PT_1 r_1 , м	2,5	2,0	2,2	2,1	2,3	2,4
Расстояние от ИШ до PT_2 r_2 , м	3,5	3,0	3,2	3,1	3,3	3,4
Среднегеометрическая частота f , Гц	4000	8000	65	125	250	500
Уровень звукового давления L_P , дБ	82	82	105	104	96	89
Фактор направленности Ф	1,6	1,5	1,4	1,7	1,8	1,9
Расстояние от ИШ до PT_1 r_1 , м	2,6	2,8	3,0	3,1	3,3	3,5
Расстояние от ИШ до PT_2 r_2 , м	3,6	3,8	4,0	4,1	4,3	4,5

Задача 2

Рассчитать ожидаемые уровни звукового давления в расчетной точке на территории жилой застройки и в защищенном от шума помещении. Сравнить их с допустимыми УЗД при следующих условиях: источник шума – транспортный поток при двустороннем движении с интенсивностью N ед/ч и средневзвешенной скоростью U км/ч. Продольный уклон проезжей части, измеряемый в процентах, имеет покрытие M ; расстояние от осевой линии крайней полосы движения до жилых

строений – R . Между транспортной магистралью и жилым кварталом имеется полоса зеленых насаждений шириной l . Стена жилого дома, обращенная к транспортной магистрали, имеет окна, конструкция которых приведена в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Исходные данные для решения задачи 2

Параметры	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
Интенсивность движения N , ед./ч	80	150	300	900	1500	3000
Скорость движения потока U , км/ч	60	73	80	100	67	100
Продольный уклон проезжей части дороги, %	8	4	2	0	6	8
Покрытие проезжей части M	Асфальто-бетонное	Булыжный камень	Цементобетонное	Брусчатая мостовая	Асфальто-бетонное	Брусчатая мостовая
Расстояние до жилых строений R , м	70	75	80	85	90	95
Зеленые насаждения						
а) однорядная посадка, ширина полосы l , м: 10–15 16–20		+		+		+
б) двухрядная посадка, ширина полосы $l = 21–25$ м	+					
в) двух- или трехрядная посадка, ширина полосы $l = 26–30$ м			+		+	
Конструкция окна						
а) одинарное окно с уплотнителем, толщина стекла: 3 мм 6 мм						
б) спаренное окно без уплотнителя, толщина стекла: 3 и 3 мм 6 и 3 мм 6 и 4 мм				+	+	+
в) раздельно-сближенное окно с уплотнителем, толщина стекла: 3 и 3 мм 6 и 4 мм		+	+			
г) раздельное окно без уплотнителя, толщина стекла: 6 и 3 мм	+					

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под звуковым давлением и интенсивностью звука? Перечислите единицы их измерения.

2. Что такое порог слышимости и какие при этом значения имеют интенсивность звука и звуковое давление?
3. Что понимают под порогом болевого ощущения и какие значения имеют интенсивность звука и звуковое давление?
4. С какой целью был осуществлен переход от понятий уровня и интенсивности звука к их логарифмическим величинам?
5. В чем сущность коррективного уровня звукового давления и его единицы измерения?
6. Что понимают под октавой и каким параметром она характеризуется?
7. Назовите несколько источников шума на производстве и поясните, какими параметрами они характеризуются.
8. Назовите признаки, по которым производится классификация шумов.
9. Поясните, какой шум называют постоянным, а какой непостоянным.
10. На какие виды подразделяют непостоянный шум?
11. Назовите нормируемые параметры постоянного и непостоянного шума на рабочих местах.
12. Перечислите основные источники шумового загрязнения городских территорий.
13. Поясните, к чему приводит воздействие шума на организм человека.
14. Перечислите способы снижения шума.

Список использованных источников

1. Андруш, В. Г. Охрана труда : учебник / В. Г. Андруш, Л. Т. Ткачёва, К. Д. Яшин. – Минск : РИПО, 2019. – 336 с.
2. Асаёнок, И. С. Оценка акустического загрязнения производственной и окружающей природной среды : метод. пособие / И. С. Асаёнок, А. И. Навоша, А. И. Машкович. – Минск : БГУИР, 2002. – 20 с.
3. Вершина, Г. А. Охрана труда : учебник / А. М. Лазаренков, Г. А. Вершина. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 512 с.
4. ГОСТ 12.1.003–2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – Введ. 2015–11–01. – Минск : Госстандарт Респ. Беларусь, 2014. – 12 с.
5. Михнюк, Т. Ф. Безопасность жизнедеятельности : учебник / Т. Ф. Михнюк. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 341 с.
6. СанПиН «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 16 нояб. 2011 г. № 115 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011. – № 8/24521. – 20 с.

Практическая работа № 4

ОЦЕНКА ОПАСНОСТЕЙ И РИСКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГЕ

Цель работы: выработать меры по предотвращению рисков при эксплуатации автомобилей на электрической тяге.

Общие положения

Проблема экологичности автомобильного транспорта в настоящее время приобретает все большую актуальность. На долю автомобильного транспорта приходится 80 % всех выбросов вредных веществ в крупных городах. Причем автомобили не только загрязняют воздух токсичными газами, но и сжигают кислород [3].

В последнее время возрастает спрос на электромобили, и связано это в первую очередь с проблемами экологического характера, а также с непрерывным ростом цен на нефть. Так, доля автомобилей с электрическим двигателем в 2020 г. составила 0,7 % от общего количества автомобилей в мире.

Однако интерес к автомобилям на электрической тяге появился еще в конце XIX в. в Великобритании, где электромобили стали применять как такси. В материковой Европе в это время использовались автомобили на приводе двигателя постоянного тока, работающие на свинцово-кислотных и воздушно-цинковых батареях. В 60-х гг. XX в. проблема развития экологичного транспорта вновь стала актуальной. Электромобили начали рассматриваться как потенциально необходимые транспортные средства. Их количество росло очень быстро. Например, во Франции к концу 80-х гг. XX в. эксплуатировалось около 500 электромобилей. В 1990-х гг. в США и Западной Европе был принят ряд законодательных и регулятивных мер, направленных на улучшение экологической обстановки, при этом имело место возрождение интереса к технологиям электромобилестроения у ключевых автопроизводителей [1, 3].

В последние 15 лет происходит беспрецедентное развитие зеленых технологий в автомобильном транспорте. Несмотря на существующие проблемы, внимание к зеленым технологиям со стороны крупнейших мировых компаний с каждым годом возрастает. Наблюдается системная интеграция лидеров автомобильного рынка и компаний, разрабатывающих и выпускающих высокотехнологичную инновационную продукцию для решения проблемы повышения эффективности автомобильного транспорта, созданного на основе зеленых технологий. При этом особое значение приобретают электротехнические комплексы и системы, образующие так называемые электрические технологии на транспорте. Параллельно с развитием производства автомобилей с применением зеленых технологий происходит быстрое развитие сферы услуг, базирующейся на соответствующем фундаменте технологий и (или) использующей их. В развитых странах на государственном уровне разрабатываются программы стратегического развития экологических видов транспорта и проекты энергообеспечения [1, 3].

Китай считается мировым лидером в производстве электрического транспорта. Известно, что в Китае в 2014 г. было продано 75 тыс. электромобилей (25 % мирового рынка). К 2025 г. намечено достигнуть показателя, при котором доля электромобилей будет составлять 25 % от всех продаж новых автомобилей, а к 2030 г. планируется прекратить производство автомобилей с бензиновыми двигателями.

Полностью перейти на использование электромобилей планируют Норвегия (к 2025 г.), Англия, Дания, Нидерланды, Швеция, Ирландия (с 2030 г.), Япония (к 2035 г.), Франция и Испания (к 2040 г.).

Существует много определений понятия «электромобиль». Наиболее распространенными являются следующие:

а) электромобиль – автомобиль, приводимый в движение одним или несколькими электродвигателями с питанием от аккумуляторов [3];

б) электромобиль – безрельсовое транспортное средство с автономным химическим источником энергии (тока).

Однако существуют различные разновидности электромобиля (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Разновидности электромобиля и их характеристика

Разновидность электромобиля	Краткая характеристика
1	2
Электромобили, оснащенные аккумуляторными батареями	Запас хода электромобиля прямо пропорционален отношению веса аккумуляторной батареи к полному весу электромобиля, а грузоподъемность зависит от веса батареи
Электромобили, оснащенные топливными элементами	Масса энергосилового устройства не изменяется при изменении ее энергоемкости. Запас хода увеличивается за счет увеличения массы топлива в топливных баках. Топливо для таких электромобилей имеет высокую стоимость, а также может быть токсичным и при переработке выделять в атмосферу вредные вещества
Электромобили, имеющие комбинированные энергоустановки	Оснащены энергосиловыми установками типа «аккумуляторные батареи – топливные элементы». Комбинированная система включает в себя щелочные водородно-воздушные элементы и свинцово-кислотные аккумуляторные батареи
Электромобили на солнечных батареях	Солнечные элементы бесполезны ночью и в пасмурную погоду, при этом батареи имеют низкий КПД (10–15 %) и высокую стоимость
Электрокары, электропогрузчики	Небольшие электромобили упрощенной конструкции, не создающие вредных выхлопов и шума, которые применяются для перевозки грузов на вокзалах, в цехах, магазинах. К их недостаткам можно отнести малый запас хода и скорости, высокую стоимость батарей

1	2
Прогулочные электроавтобусы	Электромобили открытого типа на 14–15 мест, которые применяются в местах массового отдыха и при посещении природных заповедников

Как видим, главными проблемами электромобилей долгое время оставались невысокая энергоэффективность, значительная стоимость и слабая динамика движения. В настоящее время достаточную эффективность работы электромобилей позволяют получить новые конструкции и технологические проекты. Все больше усиливается конкуренция между традиционными марками автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (ДВС), электромобилями и автомобилями с комбинированными энергоустановками (АКЭУ). Обострение экологических проблем еще больше способствует применению зеленых технологий при производстве автомобильного транспорта. Среди возможных вариантов в настоящее время наиболее перспективными по-прежнему являются проекты электромобилей и АКЭУ [3].

По целому ряду показателей электромобиль превосходит обычное транспортное средство, в первую очередь потому, что не загрязняет окружающую среду. Однако надо помнить о косвенном вреде электромобилей. Электричество, которое необходимо для подзарядки, вырабатывают электростанции, а они для этого сжигают топливо. Таким образом, вред природе не уменьшается.

Электромобиль приводится в движение одним или несколькими электродвигателями с питанием от аккумуляторов. Удельная энергоемкость аккумуляторной батареи оказывает влияние на область эффективного использования электромобилей. Одно из наиболее перспективных направлений развития науки и технологий – это ее повышение. Кроме того, для повышения эффективности электромобилей требуется решение проблем снижения удельной цены источника тока и повышения срока службы тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ) [2, 3].

Хорошей альтернативой автомобилю является транспорт с комбинированной (гибридной) энергоустановкой. По многим показателям он превосходит не только автомобиль с обычным приводом, но и электромобиль.

Автомобиль с комбинированной энергоустановкой использует для привода ведущих колес энергию ДВС и накопленную в электрохимических, электростатических или механических устройствах энергию. По методу подключения ДВС и накопителя к приводу выделяют следующие схемы:

- *параллельная* – двигатель и накопитель соединены дифференциалом, который соединен с приводом колес; характеризуется простотой и низкой стоимостью;
- *последовательная* – двигатель соединен только с накопителем, который в свою очередь соединен с приводом колес; похожий принцип используется в электрической трансмиссии, которая применяется в случаях, когда необходимо передать большой крутящий момент от коленчатого вала ДВС на колеса;
- *последовательно-параллельная* – система может работать как последовательно, так и параллельно, в зависимости от режима работы [3].

Перечислим некоторые достоинства АКЭУ. В настоящее время у большинства новых моделей мощность достигает 100 кВт, в то время как средняя используемая мощность составляет в черте города порядка 7,5 кВт. Коэффициент полезного действия при этом очень мал – порядка 20 %. В АКЭУ устанавливается небольшой ДВС, работающий в режиме, обеспечивающем КПД, близкий к максимальному, при этом КПД будет почти так же высок, как и у тепловой электростанции, благодаря оптимальной конструкции двигателя. Расход топлива у АКЭУ может быть на 90 % меньше, чем у аналогичного по характеристикам автомобиля. По сравнению с электромобилем АКЭУ при одинаковых габаритах обладает большей эксплуатационной эффективностью. В настоящее время многотопливные двигатели обычно конструируются таким образом, чтобы оптимальные параметры достигались при работе на бензине, в то время как многие типы двигателей (такие как газотурбинный двигатель) можно сконструировать так, чтобы они эффективно работали на альтернативном топливе. В автомобиле с комбинированной энергоустановкой легче добиться топливной экономичности на уровне 1,5–2 л/100 км [3].

Среди достоинств АКЭУ следует выделить и то, что постройка автомобиля с гибридным приводом на основе серийно выпускаемой модели не требует дополнительных затрат на разработку кузова и механической части. Изменения, вносимые в конструкцию, минимальны, поэтому АКЭУ может выпускаться как одна из модификаций существующей модели автомобиля. Без применения дополнительных приводных валов и раздаточных механизмов удастся получить автомобиль, обладающий полным набором преимуществ полноприводных машин, таких как хорошая управляемость и курсовая устойчивость, лучшая проходимость и реализация крутящего момента и мощности, подводимых к колесам. По сравнению с обычным полноприводным автомобилем у АКЭУ улучшается эластичность трансмиссии, в частности разгон с места занимает меньше времени за счет того, что электродвигатель развивает максимальный крутящий момент почти сразу после начала набора оборотов. Кроме того, уменьшается уровень шума. Расход топлива снижается еще и потому, что отсутствуют механические потери в приводе от ДВС к мосту. Электродвигатель оптимально поддается электронному управлению, что создает дополнительные возможности регулирования реализации крутящего момента на осях и колесах. Схема не требует установки дополнительных ТАБ, автомобиль всегда может двигаться в моноприводном варианте только за счет ДВС [3].

Однако электромобили и АКЭУ имеют свои специфические особенности, поэтому представляют собой транспортные средства с недостаточным уровнем обеспечения надежности рабочих процессов. Следовательно, существуют определенные риски, связанные с безопасностью. Многие опасности могут возникать из-за большого количества энергии, хранимой ТАБ. Вместе с тем их можно избежать, улучшая качество процессов проектирования и производства автомобилей [2, 3].

Дополнительные риски могут быть связаны с возможной аварийной ситуацией на дороге, например ДТП, а также необеспечением надлежащего технического обслуживания и ремонта. Оценка таких рисков до сих пор не проведена в полном объеме. Считается, что сервисные службы должны быть готовы к решению

подобных задач, хотя в реальности это не так. В этой связи вывод на рынки новых продуктов должен сопровождаться принятием ряда предупреждающих мер [3].

Достаточно эффективным решением обозначенной проблемы является подготовка предприятий сервисно-сбытовой сети к выполнению определенного комплекса работ, начиная от технического обслуживания и ремонта и заканчивая обеспечением текущей эффективности эксплуатации транспортных средств через зарядку и диагностику [2].

В целом производство электромобилей остается незначительным. Массовое их производство сдерживается малым спросом, который обусловлен относительно небольшой дистанцией, преодолеваемой от одной зарядки до другой, дефицитом аккумуляторов и их высокой стоимостью.

Задания для самостоятельной работы

1. Разработать перечень потенциальных опасностей и рисков на конкретном автомобиле (самостоятельно выбранном). Информацию собрать из открытых источников в интернете.
2. Установить меры предотвращения рисков при эксплуатации автомобилей на электрической тяге.
3. Составить отчет по результатам самостоятельной работы.

Вопросы для самоконтроля

1. Как складывается ситуация с производством электромобилей на мировом рынке?
2. Дайте определение понятия «электромобиль».
3. Какие существуют варианты реализации электромобиля? Какие особенности характерны для каждого вида?
4. Назовите основные преимущества электромобилей перед автомобилями, оснащенными двигателем внутреннего сгорания.
5. Перечислите недостатки электромобилей в сравнении с автомобилями, оснащенными двигателем внутреннего сгорания.
6. Назовите основные достоинства автомобилей с комбинированной энергоустановкой.
7. Какие существуют риски, связанные с безопасностью при эксплуатации электромобилей?
8. Что относится к основным факторам, сдерживающим массовое производство электромобилей?

Список использованных источников

1. Строганов, В. И. Моделирование систем электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой в процессах проектирования и производства / В. И. Строганов, В. Н. Козловский. – М. : МАДИ, 2014. – 264 с.
2. Строганов, В. И. Повышение эксплуатационных характеристик электромобилей и автомобилей с комбинированной энергоустановкой : дис. ... д-ра техн. наук : 05.09.03 / В. И. Строганов. – М., 2015. – 356 л.
3. Ютт, В. Е. Электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой. Расчет скоростных характеристик : учеб. пособие / В. Е. Ютт, В. И. Строганов. – М. : МАДИ, 2016. – 108 с.

Практическая работа № 5

ОЦЕНКА ОПАСНОСТЕЙ И РИСКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Цель работы: провести анализ основных производственных процессов на атомных электростанциях (АЭС). Разработать схему вводного инструктажа по охране труда и технике безопасности на предприятии атомной энергетики.

Оценка рисков на предприятии атомной электростанции

Атомная электростанция – ядерная установка для производства электрической и тепловой энергии в заданных режимах и условиях применения, располагающаяся в пределах определенной территории, на которой для осуществления этой цели используются ядерный реактор (реакторы) и комплекс необходимых для его функционирования систем, устройств, оборудования и сооружений [2, 3].

Атомные электростанции представляют собой источник потенциальной опасности или источник риска радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду. Одним из основных свойств АЭС, на которое пристально обращают внимание, является безопасность. Степень радиационного риска напрямую зависит от уровня безопасности АЭС [2, 3, 6].

Известно, что риск – это вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда.

Применительно к АЭС определение риска включает в себя совокупность вероятности того, что произойдет, и непосредственно последствий события. Это своего рода количественная оценка опасностей.

Основными количественными показателями риска аварии являются:

- *технический риск* – вероятность отказа технических устройств с последствиями определенного уровня (класса) за определенный период функционирования опасного объекта (АЭС);

- *индивидуальный риск* – частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий;

- *потенциальный территориальный риск* – частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке территории;

- *коллективный риск* – ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени;

- *социальный риск*, или *F/N-диаграмма*, – зависимость частоты возникновения событий F , в которых пострадало на определенном уровне не менее N человек, от этого числа N ; характеризует тяжесть последствий (катастрофичность) реализации опасностей;

- *ожидаемый ущерб* – математическое ожидание величины ущерба от возможной аварии за определенный период времени;

- *приемлемый (допустимый) риск* – минимальное значение риска, величина которого зависит от отрасли производства, профессии, вида негативного фактора;

- *профессиональный риск* – риск, связанный с профессиональной деятельностью человека;

- *радиационный риск* – специфический риск для АЭС, возникающий в виде радиационной аварии вследствие воздействий нейтронного излучения различных энергетических спектров, гамма-излучения различного энергетического состава, а также частиц, сопровождающих радиоактивный распад нуклидов [2, 6].

При оценке опасностей на предприятии атомной электростанции учитываются факторы риска. Скрытым фактором риска является ядерный риск. Он реализуется как радиационная опасность при развитии незапрограммированной или несанкционированной цепной реакции деления ядер делящихся материалов при нарушениях требований ядерной безопасности. Фактор локальной опасности включает в себя пожаро- и взрывоопасные риски [2, 3, 6].

Для АЭС выделяют токсический риск, возникающий вследствие несоблюдения правил безопасного обращения с токсичными материалами, при нарушении герметичности оборудования, а также вследствие пожаров и взрывов.

К прочим факторам риска можно отнести: поражение электрическим током, воздействие шума, вибраций, падение грузов, падение с высоты, избыток или недостаток кислорода, воздействие электромагнитных полей или лазеров и т. д. [3].

При проведении оценок риска анализируемой АЭС используются и учитываются:

- 1) санитарно-гигиенические критерии;
- 2) аналитические и статистические методы анализа надежности систем и безопасности;
- 3) методы оценки надежности персонала;
- 4) основные положения и общие требования к обеспечению ядерной безопасности, требования к методам и средствам контроля параметров ядерной безопасности;
- 5) требования к техническим средствам обнаружения и сигнализации о возникновении самопроизвольной цепной реакции;
- 6) влияние выбросов в атмосферу, жидких сбросов в реки, водохранилища или моря, захоронения отходов в землю на население, воздействие на персонал;
- 7) расчет экономического ущерба, связанного с облучением населения и персонала, который производится отдельно для стохастических и детерминистических эффектов [2].

Заключительным этапом оценки риска является разработка рекомендаций по уменьшению риска.

Общая процедура проведения оценок риска включает в себя три последовательных уровня:

1. Анализ опасности исходных событий природного и техногенного характера, ошибок персонала АЭС, отказов оборудования, систем, зданий и сооружений на АЭС вследствие внешних и внутренних экстремальных воздействий с целью

определения вероятностей (частот) реализации радиоактивных, токсических выбросов в окружающую среду и других факторов воздействия в соответствии с принятыми категориями потенциального ущерба [2, 3].

2. Проводимая на основе и совместно с результатами оценки риска предыдущего уровня оценка показателей риска причинения ущерба жизни и здоровью физических лиц (населению и персоналу АЭС), имуществу физических и юридических лиц (населению, организации, эксплуатирующей АЭС, другим юридическим лицам), а также окружающей среде в физических показателях (вероятность (частота) и размеры радиологических последствий на площадке АЭС и вне ее, дозовые нагрузки, количество детерминированных и стохастических эффектов излучения, концентрации радиоактивных веществ на АЭС и за пределами санитарно-защитной зоны и другие факторы воздействия, масштабы и характер мероприятий по вмешательству в соответствии с требованиями санитарно-эпидемиологических правил и нормативов) в соответствии с принятыми категориями потенциального ущерба [2, 3].

3. Проводимая на основе и совместно с результатами оценки риска второго уровня оценка показателей риска причинения ущерба жизни и здоровью физических лиц (населению и персоналу АЭС), имуществу физических и юридических лиц (населению, организации, эксплуатирующей АЭС, другим юридическим лицам), а также окружающей среде в экономических показателях (вероятность (частота) и затраты на проведение превентивных мер по предупреждению или уменьшению потенциального ущерба здоровью населения и персонала АЭС, выплата возмещений за смерть, лечение, потерю имущества физических и юридических лиц, мероприятия по вмешательству в соответствии с требованиями санитарно-эпидемиологических правил и нормативов, рекультивация зараженных земель и другие экологические последствия) в соответствии с принятыми категориями потенциальных ущербов [3].

При оценке риска АЭС первоначально собирают исходные данные об объекте и прилегающей к нему территории. Далее выявляют и описывают факторы риска на АЭС. Параллельно собирают данные о радионуклидном составе источников ионизирующего излучения на АЭС. Необходимо собрать и составить описание всех технологических процессов. Немаловажно также выявление и определение объектов, процессов и ошибок персонала, которые могут привести к ядерной или радиационной аварии.

Определение показателей степени риска для персонала и населения

При определении показателей степени риска для персонала и населения применяются следующие понятия:

- *возможное количество погибших* – возможное количество людей, которые в результате аварий получили дозы облучения, приводящие к ранним детерминированным эффектам (ранним смертям) [2, 4, 6];

- *возможное количество пострадавших* – возможное количество людей, которые в результате аварий получили дозы облучения, приводящие к отсроченным стохастическим эффектам (отсроченным смертям) [2, 4, 6];

- *индивидуальный риск для персонала объекта* – значение риска с учетом частоты реализации сценария аварии [2, 4, 6];

- *индивидуальный риск для населения на прилегающей территории* – значение риска с учетом частоты реализации сценария аварии [2, 4, 6].

- *коллективный риск* – ожидаемое количество пострадавших (погибших) людей (персонала, населения) с учетом частоты реализации сценария аварии [2, 4, 6].

Основными рисками, связанными с наличием радиоактивного загрязнения при реагировании на чрезвычайные ситуации, являются:

1) *риск внешнего облучения* – возникает при нахождении в непосредственной близости от источников ионизирующего излучения;

2) *риск внутреннего облучения* – возникает при попадании источников ионизирующего излучения внутрь организма через органы дыхания, пищеварения или открытые раны;

3) *риск поверхностного загрязнения* – возникает при непосредственном контакте кожных покровов с источником ионизирующего излучения (в том числе с загрязненными СИЗ) вследствие нарушения правил безопасности в процессе ликвидации радиационной аварии.

При оценке доз облучения населения учитываются три пути облучения: от облака, от загрязненной поверхности земли и прямая ингаляция.

Облучение людей (персонал и население) может приводить к появлению различных неблагоприятных эффектов для здоровья людей, при этом тяжесть и вероятность появления того или иного эффекта определяются величиной дозы и группой органов, в наибольшей степени подвергшихся облучению.

Ранние пороговые (нестохастические) эффекты обусловлены острым лучевым поражением (большими дозами, превышающими установленный предел и полученными в течение достаточно короткого времени) различных органов. Проявление таких эффектов происходит за период от нескольких часов до нескольких недель после облучения, а вероятность проявления и тяжесть их зависят от величины дозы [2, 3, 6].

Влияние на здоровье рассчитывается исходя из доз, повлиявших на отдельные органы, с использованием дозовых коэффициентов.

Возможные отсроченные эффекты для здоровья (смертельные, связанные с онкологическими заболеваниями) могут возникнуть у облученного населения в течение различных периодов времени. Влияние латентных (скрытых) эффектов на здоровье будет оцениваться как по ранним, так и по хроническим способам облучения.

Для предупреждения ранней смерти при проведении медицинских обследований особое внимание обращается на три органа: красный костный мозг, легкие, нижняя часть толстой кишки. Кроме них для профилактики ранних заболеваний обследуются желудок, легкие, кожа, щитовидная железа и т. д. [2, 3].

Основные защитные меры для персонала АЭС

При принятии защитных мер в случае возникновения аварийной ситуации на АЭС особое внимание уделяется аварийным работникам из числа привлекаемых сил ГСЧС. Все защитные мероприятия должны быть направлены на уменьшение влияния рисков, связанных с наличием радиоактивного загрязнения [2, 4, 6].

Обеспечивая защиту аварийных работников, необходимо руководствоваться основными принципами:

- сокращение продолжительности нахождения работников сил ГСЧС на объекте с высоким уровнем радиации до минимума;
- увеличение расстояния до источника ионизирующего излучения до максимума;
- обязательное использование специальных экранов и барьеров для уменьшения мощности дозы;
- обязательное осуществление мероприятий по специальной обработке и радиационного контроля.

Для реализации указанных принципов аварийным работникам необходимо выполнять следующие требования:

- 1) соблюдать правила безопасности и охраны труда;
- 2) входить в зону радиоактивного загрязнения после регистрации показаний индивидуального дозиметра в журнале учета индивидуальных доз облучения;
- 3) выполнять работы в зоне радиоактивного загрязнения при наличии СИЗ;
- 4) при выходе из зоны радиоактивного загрязнения пройти дозиметрический контроль, при необходимости – специальную обработку.

При проведении работ в зоне радиоактивного загрязнения необходимо выполнять комплекс мер по обеспечению радиационной безопасности. Во-первых, организуется посменный режим работ. При этом учитываются обстановка, дозовые нагрузки аварийных работников и персонала. Во-вторых, проводятся регистрация, контроль и учет индивидуальных доз облучения персонала и населения. В соответствии с Законом Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения» установлены следующие средние годовые эффективные дозы облучения для населения и персонала:

- для населения – 1 мЗв в среднем за любые последующие 5 лет, но не более 5 мЗв;
- для персонала – 20 мЗв в среднем за любые последующие 5 лет, но не более 50 мЗв.

Аварийные работники, получающие в ситуации аварийного облучения дозы облучения, превышающие установленное значение дозового предела 50 мЗв, отстраняются от работ [1, 2, 4, 6, 7].

В-третьих, проводятся мероприятия по специальной обработке и радиационному контролю аварийных работников. Они направлены на уменьшение уровня облучения людей и осуществляются путем локализации и удаления радиоактивных веществ с транспортных средств, поверхностей кожи и слизистых оболочек людей, их одежды, обуви.

Дозиметрический контроль и учет индивидуальных доз облучения возлагаются на руководителей привлеченных сил и средств или лиц, назначенных ими, с помощью индивидуальных дозиметров. Они должны быть технически исправны и иметь действующее свидетельство о государственной поверке.

В-четвертых, перед проведением работ в зоне радиоактивного загрязнения обязательно проводятся информирование и обучение привлекаемых аварийных работников. Они получают знания об основных принципах и рисках, связанных с ионизирующим излучением, об основных величинах и единицах, используемых в радиационной защите.

Обязательным мероприятием на АЭС является проведение инструктажей с целью доведения до персонала АЭС содержания основных требований по безопасному ведению работ. Порядок их проведения устанавливается директором АЭС. Итоговым этапом инструктажей на рабочем месте является проверка знаний путем устного опроса или с помощью технических средств обучения, а также проверка навыков безопасных приемов труда. Знания проверяет работник, проводивший инструктаж [2, 5–7].

Задания для самостоятельной работы

1. Описать схему и принцип действия атомного реактора БелАЭС (информацию собрать из открытых источников в интернете).
2. Описать и оценить уровни опасности для персонала БелАЭС.
3. Разработать и выполнить описание основных защитных мер для персонала БелАЭС.
4. Разработать схему инструктажа по охране труда и технике безопасности на БелАЭС для персонала разных уровней.
5. Разработать отчет по результатам самостоятельной работы.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте краткую характеристику БелАЭС.
2. Сформулируйте определение риска применительно к АЭС.
3. Дайте краткую характеристику основным количественным показателям риска аварии.
4. Назовите факторы риска, которые учитываются при оценке опасностей на предприятии атомной электростанции.
5. Какими нормативными документами руководствуются при оценке риска для АЭС?
6. Назовите три последовательных стадии при проведении оценок риска.
7. Перечислите исходные данные, которые необходимы для оценок риска АЭС.
8. Дайте определение понятий «возможное количество погибших» и «возможное количество пострадавших».

9. Чем отличается индивидуальный риск для персонала объекта от индивидуального риска для населения на прилегающей территории?
10. Что такое коллективный риск?
11. Назовите три пути облучения при оценке доз облучения населения.
12. Какая доза облучения является результатом оценки радиационных последствий аварии для персонала и населения?
13. Назовите особенности проявления облучения на здоровье человека.
14. Перечислите три органа человека, которые обследуются для предупреждения ранней смерти.
15. Дайте характеристику основным защитным мерам для персонала АЭС.
16. Перечислите основные виды инструктажей по охране труда и технике безопасности на АЭС
17. С какой целью проводят инструктажи по охране труда и технике безопасности?

Список использованных источников

1. Андруш, В. Г. Охрана труда : учебник / В. Г. Андруш, Л. Т. Ткачёва, К. Д. Яшин. – Минск : РИПО, 2019. – 336 с.
2. Асмолов, В. Г. Основы обеспечения безопасности АЭС : учеб. пособие / В. Г. Асмолов, В. Н. Блинков, О. Г. Черников. – М. : МЭИ, 2014. – 151 с.
3. Басов, В. И. Управление риском АЭС с реакторами ВВЭР / В. И. Басов, В. А. Хрусталёв. – М. : Энергоатомиздат, 2006. – 136 с.
4. Берберова, М. А. Аналитические и статистические методы анализа надежности систем и безопасности объектов атомной энергетики : учеб. пособие / М. А. Берберова, Р. Т. Исламов. – М. : МФТИ, 2014. – 146 с.
5. Вершина, Г. А. Охрана труда : учебник / Г. А. Вершина, А. М. Лазаренков. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск : ИВЦ Минфина, 2020. – 564 с.
6. Выговский, С. Б. Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР / С. Б. Выговский, Н. О. Рябов, Е. В. Чернов. – М. : НИЯУ МИФИ, 2013. – 304 с.
7. Лазаренков, А. М. Охрана труда в машиностроении : учеб. пособие / А. М. Лазаренков. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 446 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

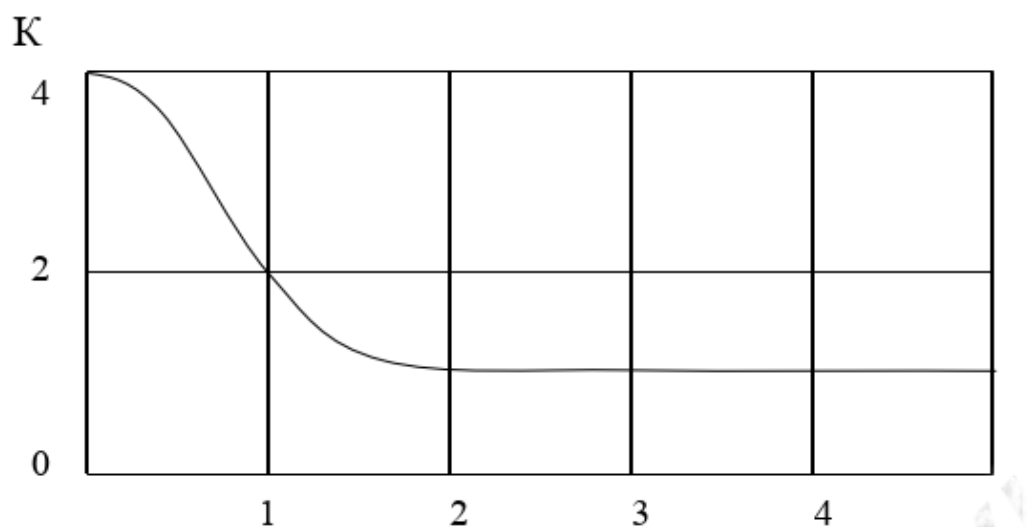


Рис. П.1. График для определения коэффициента K в зависимости от отношения расстояния r к максимальному габаритному размеру источника шума l_{\max}

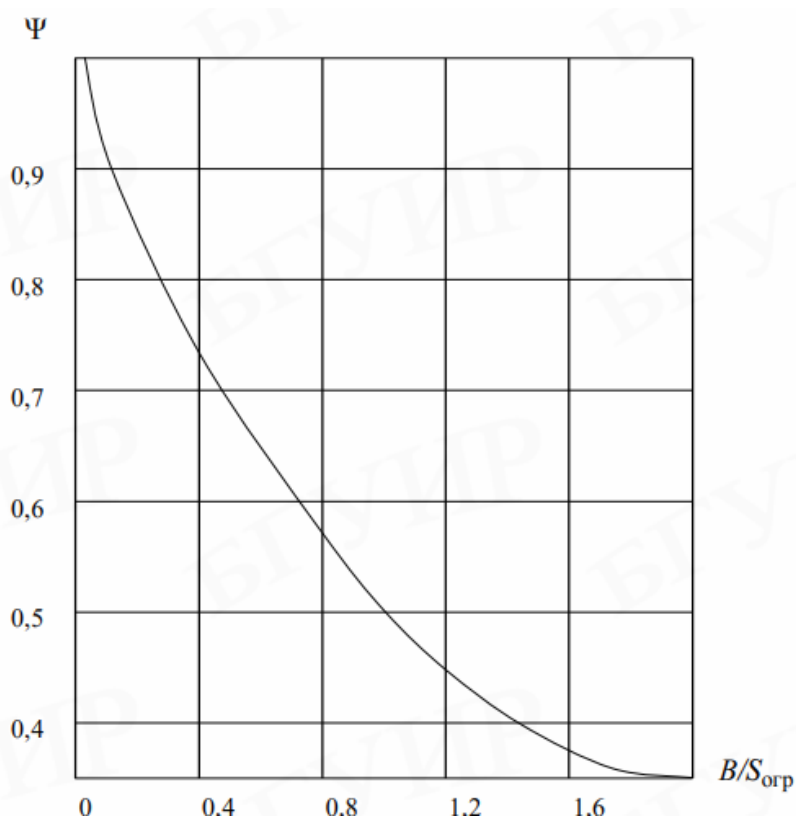


Рис. П.2. График для определения коэффициента ψ в зависимости от отношения постоянной помещения V к площади ограждающих поверхностей $S_{\text{огр}}$

Таблица П.1

Постоянная помещения $V_{1000}, \text{м}^2$

Тип помещения	Описание помещения	Постоянная помещения $V_{1000}, \text{м}^2$
1	С небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цеха, машинные залы, испытательные стенды и т. д.)	$U/20$
2	С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, кабинеты, деревообрабатывающие цеха и т. д.)	$U/10$
3	С небольшим количеством людей и мягкой мебелью (конструкторские бюро, учебные аудитории, рабочие комнаты, помещения управления и т. д.)	$U/6$

Таблица П.2

Значения частотного множителя μ

Объем помещения $U, \text{м}^3$	Частотный множитель μ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	65	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$U = 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$U = 200 \dots 1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$U = 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3,0	6,0

Таблица П.3

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука постоянного шума, а также эквивалентные по энергии уровни звука непостоянного шума для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест с учетом условий тяжести и напряженности труда

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	УЗД в октавных полосах со средне-геометрическими частотами, дБ									Уровни звука и эквивалентные по энергии уровни звука непостоянного шума, дБА
		31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Рабочие места проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, для приема пациентов в здравпунктах (творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, обучение и воспитание, медицинская деятельность)	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях (высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории)	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах (работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля: операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа)	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления, без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин (работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами)	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Постоянные рабочие места в производственных помещениях и на территории предприятий для выполнения всех видов работ (за исключением работ, перечисленных в п. 1–4 настоящей таблицы)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Таблица П.4

Значения параметра L_{A7} для определения эквивалентного уровня звука

Интенсивность движения в обоих направлениях, ед./ч	L_{A7} , дБА	Интенсивность движения в обоих направлениях, ед./ч	L_{A7} , дБА
50	68,5	700	75
60	69	900	75,5
80	69,5	1000	76
100	70	1500	77
150	71	2000	77,5
200	72	3000	78,5
300	73	4000	79
500	74	5000	80

Таблица П.5

Поправки к эквивалентному уровню звука транспортных потоков
на характеристику потока и условия движения

Фактор, влияющий на шумовую характеристику транспортного потока	Показатель	Поправка к эквивалентному уровню звука $\Delta L_{Аск}$, $\Delta L_{Аук}$, дБА
Средневзвешенная скорость движения потока, км/ч	7	-5
	13	-4
	20	-3
	27	-2
	33	-1
	40	0
	47	+1
	53	+2
	60	+3
	67	+4
	73	+5
	80	+6
	100	+7
	120	+8
Продольный уклон проезжей части улицы или дороги, %	0	0
	2	+1
	4	+2
	6	+3
	8	+4

Таблица П.6

Поправки к эквивалентному уровню звука транспортных потоков
на тип покрытия проезжей части

Тип покрытия проезжей части	Поправка к эквивалентному уровню звука $\Delta L_{\text{Апокр}}$ при различной скорости движения, дБА			
	менее 40 км/ч	от 40 до 60 км/ч	от 60 до 80 км/ч	более 80 км/ч
Асфальтобетонное	0	0	0	0
Цементобетонное и железобетонное	0	+1	+2	+5
Брусчатая мостовая	+1	+3	+4	+5
Мостовая из булыжного камня	+2	+5	+8	+10

Таблица П.7

Снижение уровня звука за счет зеленых насаждений

Полоса зеленых насаждений	Ширина полосы, м	Снижение уровня звука $\Delta L_{\text{Азел}}$, дБА
Однорядная при шахматной посадке деревьев внутри полосы	10–15	4–5
	16–20	6–8
Двухрядная при расстояниях между рядами 3–5 м	21–25	8–10
Двух- или трехрядная при расстояниях между рядами 3 м (ряды аналогичны однорядной посадке)	26–30	10–12

Таблица П.8

Снижение уровня звука благодаря окнам

Конструкция окна	Толщина стекла, мм	Размер воздушного промежутка, мм	Величина $\Delta L_{\text{Аок}}$ при условии прилегания по периметру, дБА	
			без уплотняющих прокладок	с уплотняющими прокладками
Окно с открытой форточкой, узкой створкой	–	–	10	–
Одинарное окно	3	–	18	20
	6	–	21	23
Спаренное окно	3 и 3	57	22	24
	6 и 3	57	26	28
	6 и 4	57	27	29
Раздельно-сближенное окно	6 и 3	90	24	26
	6 и 4	90	28	30
Раздельное окно	6 и 3	120	30	32

Таблица П.9

Допустимые уровни звука и эквивалентные по энергии уровни звука проникающего шума в помещения жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки

Помещение, территория	Уровни звука и эквивалентные по энергии уровни звука непостоянного шума, дБА
Классные помещения, учебные кабинеты, аудитории школ и других учебных заведений, читальные залы, залы совещаний днем	40
Жилые комнаты квартир, спальные комнаты домов отдыха, детских учреждений: днем ночью	40 30
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, площадки отдыха микрорайонов и групп жилых домов, площадки детских дошкольных учреждений, участки школ: днем ночью	55 45

Учебное издание

Рышкель Оксана Станиславовна
Бобровничая Марина Анатольевна
Щербина Наталья Витальевна
Ломонос Ольга Леонидовна

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *А. С. Мигно*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная правка, оригинал-макет *О. И. Толкач*

Подписано в печать 03.05.2023. Формат 60×84 1/16 Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 4,77. Уч.-изд. л. 5,0. Тираж 30 экз. Заказ 76.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск