

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**А. И. Федорчук, В. Г. Андруш**

## **СНИЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В АПК**

Минск  
БГАТУ  
2012

УДК 631.158 : 658.34

**Федорчук, А. И.** Снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в АПК / А. И. Федорчук, В. Г. Андруш. – Минск : БГАТУ, 2012. – 244 с. : ил. – ISBN 978-985-519-539-0.

В монографии освещен комплекс вопросов по совершенствованию системы управления охраной труда в сельскохозяйственных организациях, направленной на уменьшение количества травм и профессиональных заболеваний на основе снижения профессиональных рисков, повышения безопасности эксплуатации оборудования и ведения технологических процессов; улучшение условий труда при производстве сельскохозяйственной продукции.

Для специалистов в области охраны труда, научных работников и студентов вузов.

Табл. 23. Ил. 18. Библиогр.: 38 назв.

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук *В. Н. Босак*;  
кандидат технических наук *В. М. Грищук*

ISBN 978-985-519-539-0

© БГАТУ, 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА .....	8
1.1. Факторы травмоопасности в сельскохозяйственном производстве .....	8
1.2. Идентификация опасностей и оценка рисков в системе управления охраной труда сельскохозяйственной организации .....	12
1.3. Разработка системы управления охраной труда (СУОТ) .....	17
1.4. Оперативное управление документацией СУОТ .....	23
1.5. Анализ оценочных показателей в охране труда.....	33
1.6. Вероятностное прогнозирование производственного травматизма.....	40
1.7. Эргономико-психофизиологические аспекты.....	45
1.8. Оценка социально-экономической эффективности.....	53
2. ПАРАМЕТРЫ ТРАВМОБЕЗОПАСНОСТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ.....	64
2.1. Методологические предпосылки прогнозирования безопасности труда в технологических операциях .....	64
2.2. Травмобезопасность при эксплуатации грузоподъемных машин .....	73
2.3. Устойчивость к опрокидыванию машинно-тракторных агрегатов .....	86
2.4. Исследование системы «человек – машина – животноводческая среда» .....	93
2.5. Механические средства защиты от травмирования.....	106
2.6. Меры защиты от электропоражения .....	119
2.7. Методология применения устройств защитного отключения в сельскохозяйственных организациях .....	123
2.8. Исследование эффективности устройств выравнивания электрических потенциалов на фермах КРС.....	130
2.9. Вопросы обеспечения безопасности труда в растениеводстве .....	143
3. НОРМАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОФЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ.....	157
3.1. Методологические предпосылки прогнозирования производственно-обусловленной заболеваемости .....	157
3.2. Аттестация рабочих мест по условиям труда.....	168
3.3. Обеспечение необходимого воздухообмена в производственных помещениях .....	175
3.4. Расчет естественной и механической вентиляции .....	183
3.5. Снижение выбросов вредных веществ.....	194
3.6. Снижение производственного шума .....	200
3.7. Защита от вибрации на рабочих местах .....	210
3.8. Производственное освещение и его нормализация .....	215
3.9. Методология расчета искусственного освещения .....	220
3.10. Средства индивидуальной защиты работников .....	229
ЛИТЕРАТУРА .....	239

## ВВЕДЕНИЕ

---

Современное сельскохозяйственное производство развивается на качественно высокой основе – механизмируются и автоматизируются технологические процессы, совершенствуется оснастка. В крупных хозяйствах предусматриваются центральная ремонтная мастерская, автогараж, пункты технического обслуживания машин, базы для хранения техники, передвижные ремонтно-обслуживающие средства.

Анализ несчастных случаев в сельскохозяйственном производстве показывает, что наиболее часто травмируются трактористы и водители автомобилей. Большое количество несчастных случаев происходит при сцепке и расцепке трактора с сельскохозяйственной машиной (наезд на сцепщика); при запуске двигателя с включенной передачей, при трамбовке силоса, отдыхе в зоне работы машин, маневрировании техники на рабочих площадках, в узких проходах, тамбурах; при выполнении ремонтных работ с включенным двигателем и заторможенным трактором или прицепом (наезд на исполнителя работ при самопроизвольном движении техники под уклон, самовключении передачи); при попытке вскочить на ходу в тракторную тележку, кузов автомобиля, в других случаях.

Часто причинами несчастных случаев являются захваты одежды открытыми передачами, особенно карданными валами машин, регулировка, устранение неисправностей на ходу, а также обслуживание механизмов без рукавиц или без специальных приспособлений. Имеют место порезы рук о режущие аппараты косилок, диски борон, сошники; захват конечностей ремнями и другими передачами, выгрузными шнеками, высеивающими аппаратами сеялок, измельчающими барабанами.

Многих травм удалось бы избежать, если бы подвижные детали и механизмы были надежно закрыты кожухами, ограждениями. Последние разрушаются в процессе эксплуатации, иногда их снимают сами механизаторы, в ряде случаев – преднамеренно из-за их технического несовершенства (мешают или делают невозможным

обслуживание машин, имеют высокую трудоемкость монтажа и демонтажа, генерируют шум, забиваются зеленой массой и т. п.)

Типичны травмы, связанные с падением работающих с высоты: из кузова транспортных средств, тракторных прицепов и саней, при выходе из кабины (из-за эргономического несовершенства подножек, поручней), со стогов, скирд (при их укладке или разборке, иногда по причине столкновения погрузчиком), с подножек сеялок, рассадопосадочных машин, рабочих площадок картофелеуборочных комбайнов и других машин (скользящая опорная поверхность, отсутствие поручней, спинок и т. д.), с крыш, лестниц, а также с рам и других конструкций комбайнов, стогометателей, погрузчиков, не предназначенных для пребывания там людей.

Среди других несчастных случаев распространены: придавливание ног сницей прицепа при сцепке (расцепке) сельскохозяйственных машин с трактором, ожоги при открывании крышки радиатора водяного охлаждения двигателя, заваливание зерном в бункерах-накопителях, удары разорвавшимся тросом волокуши или буксируемой машины, засорение глаз технологическим продуктом, травмирование бортом кузова при его открытии и закрытии, заваливание землей в траншеях, придавливание упавшим грузом или опускающимся самосвальным кузовом при работе под ними, травмирование неисправными инструментами и т. п.

В особую группу по тяжести исхода выделяют травмы, нанесенные электрическим током. Электротравмы происходят при опасном приближении высокогабаритной техники к воздушным линиям электропередач, повреждении изоляции электрифицированных машин, обслуживаемых человеком, недопустимом приближении к открытым токоведущим элементам и в других случаях.

В связи с изложенным, лица, ответственные за организацию и безопасную эксплуатацию машин, обязаны: знать и выполнять требования отраслевых положений об организации работ по охране труда, соответствующих правил безопасности и производственной санитарии; назначать старшего на работах, в которых заняты два и более человека; отстранять от работы лиц, нарушающих требования нормативных документов по охране труда, допускать их к работе только после прохождения внепланового инструктажа или внеочередной проверки знаний; проводить обучение рабочих методам и приемам оказания первой доврачебной помощи при несчастных случаях; поддерживать необходимое санитарное состояние производственных участков и бытовых помещений, не допускать

к работе на машинах и механизмах лиц без спецодежды и других средств индивидуальной защиты, принимать другие меры по устранению причин травматизма и профессиональных заболеваний.

Обязательное условие при этом – повышение знаний самих работников по обеспечению и выполнению требований безопасности на конкретных технологических процессах, машинах и механизмах, использованию инструмента, средств коллективной и индивидуальной защиты, мер электро- и пожарной безопасности.

Согласно статьям 222 и 223 ТК РБ каждый работник имеет право и гарантии этого права со стороны государства на охрану труда. Государственная политика в области охраны труда, основываясь на Конституции Республики Беларусь (ст. 2), Трудовом кодексе (ст. 221) и Законе «Об охране труда» (ст. 1), направлена на обеспечение приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам трудовой деятельности.

В данной работе рассмотрен широкий круг вопросов, позволяющих дать целостное представление об особенностях охраны труда в агропромышленном комплексе, а также предложены методы и средства снижения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

## 1. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА

---

### 1.1. Факторы травмоопасности в сельскохозяйственном производстве

Опасные и вредные факторы сельскохозяйственного производства подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические.

Из физических выделяют мобильные машины и механизмы; разрушающиеся конструкции, обрушивающиеся карьеры; передвигающиеся изделия, части производственного оборудования; повышенные или пониженные температуры поверхностей оборудования, воздух рабочей зоны и его загазованность или запыленность; повышенные уровни вибрации, шума, ультразвука, ионизирующих и электромагнитных излучений, инфразвуковых колебаний, напряжений в электроцепи, напряженностей электрического и магнитного полей, инфракрасного и ультрафиолетового излучений; изменение барометрического давления; недостаточную освещенность, влажность, подвижность и ионизацию воздуха; острые кромки, заусенцы на поверхности оборудования, заготовок, инструментов; расположение рабочего места на высоте.

Химически вредные и опасные производственные факторы подразделяют по способу проникновения в организм и характеру воздействия на него. В организм человека вредные производственные факторы проникают через желудочно-кишечный тракт, кожный покров, слизистые оболочки и органы дыхания. По характеру воздействия их делят на токсичные, сенсibiliзирующие, раздражающие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию.

Патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибки) и продукты их жизнедеятельности, а также микроорганизмы (растения и животные) составляют группу биологически опасных и вредных производственных факторов.

Психофизиологически опасные и вредные производственные факторы по характеру действия делят на физические и нервно-пси-

хические перегрузки. Физические перегрузки бывают динамические и статические. Нервно-психические перегрузки подразделяют на умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, эмоциональные перегрузки и монотонность труда.

**Опасные ситуации возникают при:**

- неполном учете в требованиях безопасности особенностей оборудования и технологий применительно к различным условиям производства;
- необеспеченности работ механизацией и автоматизацией процессов и низком уровне их в ряде технологий;
- временном разрыве между динамикой в организации и технологии работ и их электромеханизацией и автоматизацией;
- малой универсальности средств механизации применительно к различным сельскохозяйственным культурам и видам работ;
- недооценке роли блокировок в обеспечении безопасности и, как следствие, малой их распространенности в технике и технологиях;
- неполной реализации требований безопасности в конструкциях машин, оборудования и в технологиях;
- несоответствии техники и технологий требованиям охраны труда в стадии разработки и проектирования;
- несовершенстве оценки условий труда и его безопасности при испытаниях техники на машинно-испытательных станциях вследствие недостаточно представительной выборки машин и технологий для этих целей;
- несоответствии оперативных (ускоренных) методов и средств оценки проектов и испытываемых объектов требованиям охраны труда;
- недостаточной надежности техники, что приводит к частым отказам в работе и необходимости в разборках-сборках с целью ликвидации неисправностей;
- нестабильности регулировок механизмов;
- разрыве между требуемой и фактической квалификациями обслуживающего персонала;
- нарушениях режимов труда и отдыха;
- большой напряженности труда в ряде технологий;
- нарушениях правил, норм и стандартов ССБТ;
- низкой требовательности со стороны руководящего состава, служб охраны труда, профсоюзов и органов государственного надзора;

- необеспеченности требуемым ассортиментом средств индивидуальной защиты, спецобувью, спецодеждой, моющими средствами, профилактическим питанием, санитарно-бытовыми помещениями и др.;
- нерациональном расходовании средств на охрану труда и низкой их отдаче;
- низком качестве обучения, аттестации и инструктажей;
- допуске к работе необученных и непроинструктированных лиц;
- нарушениях требований охраны труда и законодательства на работах с вредными, тяжелыми и опасными условиями труда и др.

Для работоспособности человека характерно фазное развитие. Фаза нарастающей работоспособности наблюдается в начальный период работы, при этом динамический стереотип совершенствуется за счет выбора рациональных вариантов согласованной деятельности различных функциональных компонентов рефлекторной системы. В зависимости от характера труда и индивидуальных особенностей человека эта фаза длится до 1,5 часа. Фаза высокой устойчивости работоспособности, которая характеризуется сочетанием относительной стабильности напряженности физиологических функций с высокими трудовыми показателями, длится в зависимости от степени тяжести труда 2–2,5 часа. В течение фазы падения работоспособности, которая возникает вследствие утомления, снижается функциональная деятельность основных работающих органов человека и наступает охранительное торможение.

Характер изменения работоспособности определяется, в первую очередь, особенностями труда, скоростью нарастания и глубиной утомления. Работа в неблагоприятных условиях с возможными вредными и опасными производственными факторами и ситуациями, сопровождающаяся повышенной утомляемостью вследствие нарушения физиологического ритма, может привести к возникновению патологического функционального состояния организма и травматизму.

Анализ травм показывает, что их число пропорционально числу опасных ситуаций. В качестве меры опасности при анализе опасных ситуаций принимают частоту и продолжительность отдельной опасной ситуации, а также общую их длительность. Опасность операции  $Q_0$  оценивают суммарной продолжительностью опасных ситуаций  $t_0$ , возникающих при выполнении всех  $n$  элементов, входящих в операцию:

$$Q_o = \sum_{i=1}^n t_{oi}, \quad (1.1)$$

где  $t_{oi}$  – продолжительность опасной ситуации при выполнении  $i$ -й операции.

В арсенале методов устранения опасных ситуаций и неблагоприятных условий труда основными являются управление охраной труда на базе паспортизации объектов на соответствие требованиям безопасности, выбор интенсивных путей профилактики в результате анализа и прогнозирования травматизма, инженерно-техническое обеспечение безопасности технологий и средств электромеханизации сельскохозяйственного производства, нормативно-правовое закрепление основных положений безопасности по технологиям, технике и др.

Особая роль отводится экспертизе проектов технологий и техники на соответствие требованиям охраны труда и участию специалистов в их разработке. Решающее значение имеет профилактика травматизма, основанная на улучшении качества обучения и инструктажей, повышении спроса, укреплении производственной дисциплины, рациональном финансировании мероприятий по охране труда и расходовании средств, совершенствовании и распространении безлюдных технологий, роботизации процессов во вредных и особо опасных условиях.

Необходимо учитывать, что сельскохозяйственное производство имеет ряд специфических сложностей, вызванных рассредоточенностью объектов на значительной территории (работающие на полях машинно-тракторные агрегаты, бригады, фермы, ремонтные мастерские и другие объекты в различных населенных пунктах одного хозяйства), сезонностью выполнения работ с пиковыми нагрузками (сев, уборка в сжатые сроки), многоплановостью производства (земледелие, животноводство, средства механизации, электрификации и другие отрасли). Это затрудняет контроль над соблюдением работающими мер безопасности, накладывает свой отпечаток на организацию охраны труда, в частности, при планировании комплекса трудовоохранных мероприятий и формировании безопасных условий труда, поскольку они влияют на работоспособность и здоровье человека.

## 1.2. Идентификация опасностей и оценка рисков в системе управления охраной труда сельскохозяйственной организации

Для предприятий агропромышленного комплекса проблема снижения профессионального риска ввиду сложности и многопрофильности сельхозпроизводства, как указывалось, имеет первостепенное значение, так как она призвана выполнять одну из главных задач – защитить здоровье работника и обеспечить безопасность труда путем внедрения и функционирования системы управления охраной труда (СУОТ).

Оценка всех выявленных опасностей осуществляется с целью установления рисков, которые представляют наибольшую опасность и требуют управления. Все идентифицированные риски оцениваются с учетом:

- статистических данных по несчастным случаям;
- экспертных оценок надежности оборудования;
- результатов аттестации рабочих мест;
- интенсивности и частоты осуществляемой деятельности.

Риски, признанные недопустимыми, используются как исходные данные для разработки целей в области охраны труда.

Оценку рисков можно определить по формуле:

$$R = PS, \quad (1.2)$$

где  $R$  – риск, балл;

$P$  – вероятность возникновения опасности;

$S$  – серьезность последствий воздействия опасности, балл.

Вероятность воздействия опасности  $P$  целесообразно определить согласно данным таблицы 1.1.

Таблица 1.1

Оценка вероятности возникновения опасности

Значение $S$ , балл	Вероятность	Описание
1	2	3
1	Минимальная	Вероятность возникновения является незначительной. Практически невозможно предположить, что подобный фактор может возникнуть

Окончание табл. 1.1

1	2	3
2	Умеренная	Вероятность возникновения остается низкой. Подобного рода условия возникают в отдельных случаях, но шансы для этого невелики
3	Существенная	Вероятность возникновения находится на среднем уровне. Условия для этого могут реально и неожиданно возникнуть
4	Значительная	Вероятность возникновения является высокой. Условия для этого возникают достаточно регулярно и/или в течение определенного интервала времени
5	Очень высокая	Вероятность возникновения остается очень высокой. Условия обязательно возникают на протяжении достаточно продолжительного промежутка времени (обычно в условиях нормальной эксплуатации)

При наличии статистических данных оценка вероятности возникновения опасности может осуществляться по таблице 1.2, что является более точной оценкой, так как используются количественные характеристики (количество случаев на определенное количество операций или в год (годы) работы).

Таблица 1.2

Оценка вероятности возникновения опасности с использованием количественных характеристик

Значение S, балл	Вероятность	Количество случаев на операцию	Количество случаев в год (годы) работы
1	2	3	4
1	Минимальная	Меньше 1 случая на каждые 10 000 операций	1 случай за 10 лет работы
2	Умеренная	Меньше 1 случая на каждые 1000 операций	1 случай за каждый год работы
3	Существенная	Меньше 1 случая на каждые 100 операций	1 случай за каждый месяц работы

Окончание табл. 1.2

1	2	3	4
4	Значительная	Меньше 10 случаев на каждые 100 операций	1 случай за каждую неделю работы
5	Очень высокая	Один случай на каждую операцию	1 случай каждый рабочий день

Результаты оценки рисков оформляются в виде карты анализа опасностей и рисков (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Форма карты анализа опасностей и рисков

КАРТА ОПАСНОСТЕЙ И РИСКОВ									
для _____									
(профессия (должность) работника подразделения)									
№ п/п	Вид деятельности (работы)	Условия работы	Опасность	Существующие меры от воздействия опасности (документы по ОТ)	Описание тяжести опасного события	Тяжесть (Т)	Вероятность проявления (В <sub>1</sub> )	Подверженность воздействию (В <sub>2</sub> )	Риск (R)

В данной таблице к мерам от воздействия опасности целесообразно отнести: обучение, повышение квалификации в области охраны труда; проведение медицинских осмотров; проведение паспортизации санитарно-технического состояния условий и безопасности труда; проведение аттестации рабочих мест по условиям труда; применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), а также профилактических мер; проверка эффективности зануления, сопротивления изоляции электроустановок, электроинструмента и сопротивления заземляющих устройств; проведение освидетельствования, ремонта, профилактического обслуживания производственного оборудования, транспортных средств, объектов санитарно-бытового назначения; применение противопожарных средств и инженерных средств защи-

ты работников от воздействия опасности; отработка планов эвакуации, локализации аварийных ситуаций, противаварийных и противопожарных тревог; очистка вентиляционных установок и воздуховодов, осветительной арматуры, окон, фрамуг, световых фонарей; предоставление компенсаций и льгот по условиям труда.

В соответствии с требованиями СТБ 18001 организация (предприятие) должна разрабатывать, внедрять и поддерживать в рабочем состоянии процедуры идентификации опасностей, оценки рисков и внедрения необходимых мер по управлению рисками.

Процесс идентификации рискообразующих факторов с последующей оценкой профессионального риска на сельскохозяйственных предприятиях представлен на рис. 1.1.

Процедуры идентификации опасностей и анализа рисков должны гарантировать:

- идентификацию опасностей;
- оценку рисков;
- управление рисками;
- анализ предпринятых мер управления рисками.

Идентификация опасностей осуществляется с целью выявления и четкого описания всех опасностей для дальнейшей оценки и управления рисками.

Идентификация опасностей на рабочих местах должна учитывать:

- ситуации, события, комбинации обстоятельств, которые приводили или потенциально могут приводить к травме или заболеванию работника;
- причины возникновения потенциальной травмы или заболевания, связанные с выполняемой работой, продукцией или услугой;
- сведения об имевших место травмах, профессиональных заболеваниях.

Необходимо оценивать как нормальные условия труда, так и случаи отклонений в работе, связанные с происшествными, возможными аварийными ситуациями.

Идентификация опасностей производственной деятельности должна включать рассмотрение:

- организации работ, включая безопасность их выполнения;
- проектирования безопасных рабочих мест, технологических процессов, оборудования;
- монтажа, эксплуатации, технического обслуживания, ремонта оборудования (зданий и помещений);
- характеристик приобретаемых организацией товаров и услуг.



Рис. 1.1. Схема анализа профессионального риска

Нецелесообразно излишне усложнять процедуру идентификации опасностей, оценки рисков и управление рисками. Степень сложности этих процедур в значительной степени зависит от специфики деятельности организации, ее размеров, характера и масштаба рисков организации.

При идентификации опасностей под каждую профессию согласно штатному расписанию осуществляется формирование реестра опасностей с указанием:

- наименования подразделения;
- наименования профессии;
- видов опасностей.



При идентификации опасностей в зависимости от осуществляемого вида деятельности необходимо определить перечень работ, входящих в осуществляемый вид деятельности.

При идентификации опасностей необходимо рассматривать не только опасности и риски от деятельности, выполняемой своим персоналом, но и опасности и риски, возникающие от деятельности подрядчиков и посетителей, а также от использования продукции и услуг, поставленных другими организациями.

По результатам идентификации опасностей формируется реестр опасностей организации.

Для оценки рисков организация разрабатывает методику оценки рисков.

Сложность методики оценки рисков зависит от характера и масштабов рисков организации.

Для существенных рисков разрабатываются мероприятия по управлению рисками.

На основе статистической теории распознавания образов предлагается концептуальная модель многоуровневой системы управления профессиональным риском (рис. 1.2).

Представленная модель включает четыре уровня принятия управленческих решений на разных этапах функционирования предприятия, позволяя интегрировать данную подсистему в общую систему управления охраной труда на предприятии и обеспечить вовлечение всего персонала в работу по обеспечению безопасности труда.

Мероприятия по управлению рисками могут быть связаны с:

- производственным оборудованием;
- осведомленностью и обучением персонала;
- процедурами по безопасности эксплуатации оборудования, ликвидации аварийных ситуаций, предотвращения несчастных случаев и др.

После выполнения рекомендуемых действий (разработанных мероприятий) проводится повторная оценка рисков с учетом принятых действий и анализ эффективности мероприятий по управлению рисками.

### 1.3. Разработка системы управления охраной труда (СУОТ)

Перед разработкой системы управления охраной труда (СУОТ) необходимо разработать Программу разработки доку-

ментов по элементам СУОТ в соответствии с требованиями СТБ ИСО 18001.



Рис. 1.2. Модель многоуровневой системы управления профессиональными рисками

Действия при разработке, внедрении и подготовке к сертификации системы управления охраной труда включают следующие этапы:

- 1 этап: подготовительный;
  - 2 этап: разработка СУОТ;
  - 3 этап: внедрение СУОТ;
  - 4 этап: подготовка СУОТ к сертификации.
- 1 этап – подготовительный. Описание этапа приведено в таблице 1.4.

Таблица 1.4

## Подготовительный этап

Описание деятельности	Ответственный	Участники
1. Выбор консультирующей организации, заключение договора на оказание консалтинговых услуг	Руководитель организации	–
2. Проведение предварительного анализа деятельности организации в области охраны труда	Консультирующая организация	Руководители подразделений
3. Издание приказа о разработке и внедрении СУОТ, включая назначение представителя от высшего руководства (ПР), состав рабочей группы, уполномоченных по СУОТ в подразделениях	Руководитель организации	Руководители подразделений
4. Формирование (при необходимости) Координационного совета по вопросам охраны труда	Руководитель организации	Руководители подразделений
5. Планирование работы по разработке и внедрению СУОТ, обсуждение плана на Координационном совете	Представитель руководства	Координационный совет
6. Утверждение на Координационном совете: – Положения о Представителе руководства; – Положения об уполномоченных по СУОТ в подразделениях	Представитель руководства	Координационный совет

2 этап – разработка СУОТ. Описание этапа приведено в таблице 1.5.

Таблица 1.5

## Разработка СУОТ

Описание деятельности	Ответственный	Участники
1. Анализ имеющейся документации, определение необходимости дополнительной разработки документированных процедур	Представитель руководства	Рабочая группа, уполномоченные по СУОТ, консультирующая организация
2. Разработка проектов дорабатываемых или вновь разрабатываемых процедур	Представитель руководства	Рабочая группа, уполномоченные по СУОТ, консультирующая организация
3. Составление проекта Матриц распределения ответственности за обеспечение функционирования элементов СУОТ	Рабочая группа	Уполномоченные по СУОТ
4. Разработка проекта Политики, целей в области охраны труда, проекта Программы управления охраной труда	Представитель руководства	Рабочая группа, уполномоченные по СУОТ, консультирующая организация
5. Разработка проекта Руководства по СУОТ	Представитель руководства	Рабочая группа, уполномоченные по СУОТ, консультирующая организация

3 этап – внедрение СУОТ. Описание этапа приведено в таблице 1.6.

Таблица 1.6

## Внедрение СУОТ

Описание деятельности	Ответственный	Участники
1. Корректировка Матриц распределения ответственности за обеспечение функционирования элементов СУОТ и организационной структуры организации, доработка проектов	Представитель руководства	Координационный совет

Окончание табл. 1.6

Описание деятельности	Ответственный	Участники
процедур СУОТ, обсуждение всех документов на Координационном совете		
2. Утверждение документированных процедур, матриц распределения ответственности и (при необходимости) уточненной организационной структуры. Введение в действие документированных процедур	Руководитель организации	Представитель руководства, рабочая группа
3. Уточнение Положений о подразделениях и должностных инструкций на основании утвержденной организационной структуры и Матриц распределения ответственности	Представитель руководства	Руководители подразделений
4. Утверждение Политики, целей, Программы управления охраной труда	Руководитель организации	Представитель руководства, рабочая группа, руководители подразделений
5. Подготовка внутренних аудиторов СУОТ	Представитель руководства	Служба качества, служба охраны труда, консультирующая организация
6. Утверждение и введение в действие Руководства по СУОТ	Руководитель организации	Представитель руководства, рабочая группа
7. Совместный аудит СУОТ	Консультирующая организация	Представитель руководства, рабочая группа, уполномоченные по СУОТ, руководители подразделений

4 этап – подготовка СУОТ к сертификации. Описание этапа приведено в таблице 1.7.

Таблица 1.7

## Подготовка СУОТ к сертификации

Описание деятельности	Ответственный	Участники
1. Доработка документации СУОТ по результатам совместного аудита	Представитель руководства	Рабочая группа, уполномоченные по СУОТ, руководители подразделений
2. Проведение полного внутреннего аудита СУОТ	Представитель руководства	Внутренние аудиторы
3. Проведение анализа функционирования СУОТ, принятие решения о подаче заявки на проведение сертификации	Руководитель организации	Представитель руководства, Координационный совет
4. Выбор сертифицирующего органа и заключение договора на сертификацию	Руководитель организации	Представитель руководства
5. Подготовка к проведению сертификационного аудита	Представитель руководства	Рабочая группа, уполномоченные по СУОТ, руководители подразделений

Для обеспечения внедрения системы управления охраной труда организация разрабатывает комплекс документов (стандарты предприятия, документированные процедуры, инструкции и др.) по 17 элементам в соответствии с требованиями СТБ 18001–2009. Организация (предприятие) должна установить и поддерживать в рабочем состоянии процедуру идентификации законодательных и других применяемых требований в области охраны труда.

С целью обеспечения функционирования СУОТ и соблюдения структурными подразделениями в своей деятельности требований в области охраны труда в организации создаются реестр и фонд законодательных и других применяемых требований в области охраны труда. Формирование, ведение реестра и комплектование фонда осуществляется с целью унификации и поддержания в актуальном состоянии нормативных правовых актов (НПА), технических нор-

мативных правовых актов (ТНПА) и других документов в области охраны труда.

Реестр представляет собой систематизированный перечень НПА, ТНПА и других документов в области охраны труда. Формирование и ведение реестра осуществляется с целью систематизации и постоянной актуализации документов.

Формирование разделов реестра, содержащих НПА, осуществляется юрисконсультom (юридической службой) на основе Национального реестра правовых актов Республики Беларусь, электронных баз данных о НПА.

Формирование разделов реестра, содержащих информацию о ТНПА, осуществляется на основании следующих источников:

- национальный реестр правовых актов Республики Беларусь (НРПА РБ);
- сборники документов по вопросам охраны труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь;
- информационный указатель государственных стандартов Республики Беларусь (ИУС РБ);
- информационный указатель технических условий (ИУ ТУ);
- ежегодные каталоги ТНПА в области стандартизации;
- ежегодные каталоги технических условий;
- БелГИСС, БелГИМ, РНТБ и др.

#### 1.4. Оперативное управление документацией СУОТ

Ответственные по СУОТ в структурных подразделениях на основании реестра по организации формируют перечень НПА, ТНПА и других документов по охране труда, применимых к идентифицированным опасностям и рискам соответствующего структурного подразделения. Обеспечение структурных подразделений необходимыми документами осуществляется на основании утвержденного перечня.

Программа управления охраной труда должна включать:

- мероприятия по достижению установленных целей в области охраны труда;
- распределение ответственности за достижение установленных целей в области охраны труда для каждого подразделения и уровня в рамках организации;
- сроки, в которые цели должны быть достигнуты;
- ресурсы, необходимые для достижения установленных целей;

– порядок осуществления контроля реализации Программы.

Программа должна обеспечивать реализацию обязательств, сформулированных в Политике в области охраны труда, и постоянное улучшение деятельности организации в области охраны труда. При этом необходимо обеспечить доступность Программы для общественности, надзорных органов, органов власти и контроль хода выполнения Программы, ее актуализацию, принятие корректирующих действий в случае невыполнения отдельных мероприятий.

Необходимо также обеспечить разработку специальной программы или дополнения существующей Программы при внедрении новых технологий, оборудования, материалов.

Разработанные и выполняемые Программы управления охраной труда – индикатор функционирования СУОТ в целом. Реализация программы управления охраной труда будет зависеть от убежденности руководства и творческой работы персонала. Высшее руководство утверждает Программу управления охраной труда, проводит анализ со стороны руководства СУОТ.

Обязанности, ответственность и полномочия должны быть определены, документально оформлены и доведены до сведения заинтересованных лиц с целью обеспечения эффективности СУОТ. Общее руководство работой по обеспечению охраны труда в организации (структурном подразделении организации) возлагается на руководителя организации (структурного подразделения).

Для организации работы и осуществления контроля по охране труда руководитель организации создает службу охраны труда (вводит должность специалиста по охране труда) в соответствии с типовым положением о службе охраны труда организации.

Высшее руководство играет ключевую роль, обеспечивая ресурсы, необходимые для эффективного функционирования СУОТ. Обеспечение этой возможности – одна из наиболее важных задач высшего руководства.

Высшее руководство организации должно назначить своего специального представителя, который независимо от других обязанностей должен иметь определенные ответственность и полномочия для того, чтобы:

- гарантировать, что требования СУОТ выполняются и поддерживаются на надлежащем уровне;
- предоставлять отчеты о функционировании СУОТ высшему руководству для анализа и в качестве основы для совершенствования СУОТ.

Эффективное распределение ответственности обеспечивает необходимый поток информации и отсутствие пробелов в организационной структуре, без чего невозможно эффективное функционирование СУОТ. Обязанности и полномочия руководителей и специалистов организации по охране труда определяются их должностными инструкциями.

При перераспределении функций и обязанностей между структурными подразделениями и должностными лицами организации в положение о структурных подразделениях и должностные инструкции должны быть внесены соответствующие изменения или дополнения. Со своими должностными обязанностями по охране труда руководители и специалисты должны быть ознакомлены под роспись.

При невыполнении своих должностных обязанностей по охране труда, нарушении требований охраны труда работники несут ответственность в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Организация (предприятие) определяет свои потребности в обучении персонала по вопросам охраны труда и обеспечивает соответствующее обучение всего персонала.

Проводится анализ квалификации работников и выявляются те области, где этой квалификации недостаточно.

Ответственность за организацию своевременного и качественного проведения обучения, инструктажа, стажировки и проверки знаний работников по вопросам охраны труда в организации возлагается на ее руководителя, в структурных подразделениях организации – на их руководителей.

Обучение безопасным методам и приемам работы при подготовке, переподготовке, получении второй профессии, повышении квалификации работников организуют специалисты, осуществляющие комплектование и подготовку кадров, с привлечением других специалистов.

Работники должны быть обучены с учетом специфики выполняемых работ, иметь соответствующую квалификацию, компетентность, необходимые для выполнения возложенных функций.

В процессе обучения работников и проверки их знаний по охране труда должны приниматься во внимание различные уровни ответственности, требуемой компетентности, а также деятельность, связанная с повышенным риском.

Мероприятия по подготовке персонала должны предусматривать:

- ознакомление с Политикой в области охраны труда и разъяснение ее содержания;
- ознакомление с целями и программами в области охраны труда;
- повышение осознания работниками того, какое влияние оказывает их деятельность на состояние охраны труда и какая польза от улучшения их личных показателей деятельности;
- разъяснение роли работников в реализации Политики и достижения целей в области охраны труда;
- доведение информации о возможных последствиях несоблюдения требований охраны труда.

В рамках СУОТ должна быть обеспечена система как внутреннего, так и внешнего взаимодействия и коммуникаций.

Внутренняя коммуникация означает обеспечение направленного потока информации внутри организации. Внутренние коммуникации в организации имеют следующую структуру:

- а) вертикальный поток информации:
  - сверху вниз (организационно-распорядительная, законодательная, методическая документация);
  - снизу вверх (отчетная документация, предложения, жалобы, запросы, отзывы);
- б) горизонтальный поток информации:
  - поток информации между подразделениями (производственная, методическая документация);
  - поток информации между работниками одного уровня (оперативная документация).

Система внутренней связи с персоналом создает условия для повышения мотивации и уровня участия сотрудников при создании и функционировании СУОТ; позволяет разъяснить Политику в области охраны труда для внутренних заинтересованных сторон; демонстрирует серьезность намерений руководства; содействует обеспечению контроля и распространению информации о результатах работы среди персонала; позволяет определить возможности для совершенствования СУОТ.

Эффективная система внешней связи обеспечивает:

- информирование внешних сторон (органы власти, контролирующие организации, общественные организации, потребители, поставщики, средства массовой информации);
- эффективную и четкую работу в аварийных ситуациях.

Способы коммуникации могут быть следующие: совещания; информирование, проводимое руководителями на рабочих местах

(инструктаж, оперативные совещания, консультации); целевые обходы производственных объектов; письменное оповещение (служебная записка, пояснительная записка, телефонограмма, уведомление, отчет, протокол, письма); телефонная и факсимильная связь; доски объявлений, стенды; локальные сети и электронная почта; средства массовой информации, сайт организации.

Информирование и оповещение при несчастных случаях является обязательным и осуществляется в соответствии с «Правилами расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний», утвержденными Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 30 от 15.01.2004 с изменениями и дополнениями (2006, 2007, 2008, 2010 гг.).

Процедуры по связям с внешними заинтересованными сторонами должны содержать информацию о должностных лицах, ответственных за внешнюю коммуникацию. В обязанности этих должностных лиц должны входить регистрация, оформление и хранение документов.

Имеющаяся в организации документация по системе менеджмента качества, системе управления окружающей средой может быть использована при разработке документации по СУОТ. Документация СУОТ включает:

- Политику в области охраны труда организации;
- Руководство по СУОТ;
- стандарты организации по СУОТ;
- технологическую, конструкторскую документацию, рабочие инструкции;
- эксплуатационную документацию;
- организационно-методические документы (положения о подразделениях, должностные инструкции) и др.

Внешняя документация по СУОТ включает: нормативные правовые акты; технические нормативные правовые акты; предписания органов государственного надзора; требования заказчиков и др.

Руководство по СУОТ является сводным документом и предназначено для применения всеми структурными подразделениями организации. Руководство по СУОТ включает:

- область применения СУОТ;
- Политику и цели в области охраны труда;
- организационную схему СУОТ;
- краткое описание СУОТ по элементам СТБ 18001.

Организация должна установить и поддерживать в рабочем состоянии процедуры управления документацией СУОТ в соответствии с СТБ 18001 для обеспечения их: поиска; периодического анализа, пересмотра при необходимости и утверждения уполномоченным персоналом до их выпуска; наличия и доступности в местах проведения работ, важных для эффективного функционирования СУОТ; изъятия устаревших документов у всех абонентов с целью предотвращения их непреднамеренного использования; идентификации любых устаревших документов, сохраняемых для юридических и/или архивных целей.

Документация по СУОТ актуализируется с периодичностью не реже одного раза в год. Внесение изменений в действующую документацию СУОТ проводится при изменении законодательных и других требований, при изменении порядка существующих технологических операций, по результатам проводимых внутренних и внешних аудитов СУОТ.

Выполнение требований документов СУОТ проверяется во время проведения внутреннего аудита подразделений, в случае необходимости проводятся корректирующие мероприятия и вносятся изменения в документы СУОТ.

Внешние и внутренние документы СУОТ, действующие в организации, подлежат учету и регистрации в перечнях (картотеках, журналах, базах данных) ответственными за документацию сотрудниками организации.

Поиск внутренней документации СУОТ проводится по ее идентификационным признакам: организация, отдел, подразделение, вид деятельности и/или контактное лицо, наименование и номер документа, дата утверждения или регистрации. Поиск внешней документации СУОТ, внесенной в Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, производит юристконсульт организации с помощью правовой информационной базы данных, используемой на предприятии, на основании запроса от заинтересованного структурного подразделения.

В организации определяются те операции и виды деятельности, которые связаны с выявленными опасностями и рисками в области охраны труда.

Управление в организации процессами и операциями осуществляется при:

- проектировании рабочих мест, технологических процессов, оборудования и новой продукции;

- закупке сырья, материалов и комплектующих;
- транспортировании и осуществлении погрузочно-разгрузочных работ;
- хранении сырья, материалов, комплектующих и готовой продукции;
- осуществлении производственных процессов;
- техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте оборудования;
- обращении с химически опасными материалами и с отходами производства и потребления;
- обучении персонала, обеспечении его компетентности и информированности;
- обеспечении промышленной безопасности и предотвращении возникновения аварийных ситуаций;
- строительстве и реконструкции технологических линий, зданий и сооружений.

Управление процессами и операциями осуществляется путем использования: стандартов организации (СТП); процедур документированных (ДКП); технологической документации, включая технологические регламенты, технологические инструкции и др.; эксплуатационных документов, включая руководство по эксплуатации, паспорт, инструкции по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия и др.; документов на поставку продукции; графиков поверки средств измерений; методик проведения испытаний сырья, материалов, продукции; планов-графиков технического обслуживания и ремонта оборудования.

Управление операциями осуществляется на основании положений о структурных подразделениях и должностных инструкций.

Организация должна разрабатывать процедуры по идентификации возможных аварийных ситуаций и обеспечивать их практическое использование.

Эффективная подготовленность к аварийным ситуациям поможет обеспечить защиту персонала, снизить возможные потери и минимизировать время простоя оборудования. Необходимо проанализировать предыдущие аварии и инциденты и принять меры в местах, где возможны подобные события в будущем.

Организация должна:

- установить и поддерживать в рабочем состоянии процедуры идентификации аварийных ситуаций и реагирования на них, а также предотвращения и сокращения несчастных случаев на производстве

и профессиональных заболеваний, связанных с возможностью возникновения инцидентов и аварийных ситуаций;

- анализировать и пересматривать в случае необходимости процедуры, касающиеся ее подготовленности к аварийным ситуациям и реагированию на них, особенно после возникновения катастрофы или аварийной ситуации;

- при возможности периодически проверять данные процедуры.

Должны быть разработаны планы мероприятий по ликвидации аварийных ситуаций и процедуры для обеспечения надлежащего реагирования на неожиданные или аварийные ситуации.

Организация должна установить и поддерживать в рабочем состоянии процедуры предотвращения инцидентов и потенциальных аварийных ситуаций.

В процедурах необходимо учитывать инциденты, возникающие или способные возникнуть как следствие нештатных рабочих условий, аварий или потенциальных аварийных ситуаций.

При разработке планов по предупреждению аварийных ситуаций и обеспечению надлежащего реагирования на них необходимо учесть следующие моменты:

- потенциальные аварийные ситуации (пожары, взрывы, проливы или выбросы опасных веществ, стихийные бедствия);
- организационные меры на случай аварии и ответственность за них;
- перечень ответственных лиц;
- подробные данные об аварийных службах (контактная информация, номера телефонов);
- планы передачи внутренних и внешних сообщений;
- действия, предпринимаемые в случае различных видов аварий;
- информацию об опасных материалах и мерах, которые следует принять в случае аварийных ситуаций;
- технологические схемы процессов;
- планы подготовки и проверки эффективности (полезно анализировать эффективность отклика на аварию после того, как инцидент произошел). Этот анализ может помочь понять, необходимы ли дополнительное обучение или пересмотр аварийных планов/процедур.

Мониторинг и оценка эффективности функционирования СУОТ являются ключевыми видами деятельности СУОТ, которые гарантируют, что организация действует согласно Политике в области охраны труда и утвержденной Программе управления охраной труда.

В организации, в рамках СУОТ, осуществляются деятельный и реагирующий виды мониторинга. Деятельный мониторинг осуществляют для оценки эффективности и функционирования СУОТ. Он включает: мониторинг Политики, целей, программ и планов в области охраны труда, коллективного договора; периодический контроль над соблюдением законодательства об охране труда в организации; мониторинг состояния здоровья работников; мониторинг производственной среды; мониторинг производственных помещений, оборудования; мониторинг программы внутренних аудитов.

Реагирующий мониторинг осуществляется для расследования, анализа и документирования отклонений СУОТ, включая инциденты, несчастные случаи, несоответствия, случаи ухудшения здоровья и нанесения материального ущерба. Реагирующий мониторинг включает: анализ производственного травматизма и профессиональных заболеваний; анализ программы реабилитации работников и восстановления здоровья.

Идентификация несоответствий является постоянным процессом, который проводится с целью их устранения и осуществления принципа постоянного улучшения СУОТ. Процедура идентификации несоответствий включает:

- определение технологических процессов, операций, при осуществлении которых возникают опасности и риски в области охраны труда;
- определение законодательных и других требований, относящихся к технологическим процессам, операциям;
- определение отклонений от установленных требований в ходе проведения технологических процессов, операций (выявленные отклонения являются несоответствиями);
- определение причины выявленного несоответствия;
- регистрацию выявленного несоответствия с указанием причин, его вызвавших, и виновного в его возникновении.

Действия, предпринимаемые для устранения причин выявленных несоответствий, являются корректирующими и разрабатываются в следующих случаях: по результатам мониторинга и измерений; по результатам внешних или внутренних аудитов, по предписаниям контролирующих органов; по результатам анализа со стороны руководства; при авариях и инцидентах, оказывающих влияние на жизнь и здоровье персонала и др.

Действия, предпринятые для устранения причины потенциально несоответствия, являются предупреждающими и разрабатываются

в случаях изменения технологических процессов, внедрения нового оборудования, применения новых видов сырья и материалов.

Целью управления записями по результатам деятельности в области охраны труда является обеспечение документального подтверждения соответствия установленным требованиям и оценка эффективности СУОТ.

Записи осуществляют для: оценки достижения целей в области охраны труда; разработки корректирующих и предупреждающих действий, направленных на уменьшение количества несчастных случаев и инцидентов; анализа функционирования СУОТ со стороны руководства; идентификации законодательных и других требований в области охраны труда.

Регистрация записей осуществляется в бланках, формах, журналах, предусмотренных стандартами организации, НПА и ТНПА.

Обязательной регистрации в области охраны труда подлежат следующие документы:

- акты предписания контролирующих органов;
- акты предписания подразделениям организации;
- акты о несчастных случаях на производстве;
- акты о непроизводственных несчастных случаях;
- акты о профессиональных заболеваниях;
- журнал регистрации профессиональных заболеваний;
- журнал регистрации актов несчастных случаев на производстве;
- журнал учета актов предписаний подразделениям организации;
- журнал регистрации удостоверений по охране труда;
- протоколы проверки знаний по охране труда;
- протоколы совещаний по охране труда;
- журналы регистрации инструктажей по охране труда;
- журнал ежедневного контроля над состоянием охраны труда на участке;
- журнал ежемесячного контроля над состоянием охраны труда в цехе;
- ежеквартальный контроль по охране труда в организации;
- журнал учета аварий;
- отчеты по внутреннему аудиту СУОТ.

Записи должны быть разборчивыми, документы следует хранить в безопасном месте, защищать от повреждений. Сроки хранения записей должны быть установлены.



В организации должен быть разработан стандарт организации, устанавливающий: порядок формирования годовой программы внутренних аудитов, планов аудитов; порядок проведения внутренних аудитов; порядок разработки корректирующих действий по результатам внутреннего аудита; документирование результатов аудитов и поддержание в рабочем состоянии записей; информирование о результатах аудита персонала, ответственного за проверяемую область деятельности; ответственность должностных лиц за планирование и проведение внутренних аудитов, разработку корректирующих и предупреждающих действий; проверку предпринятых действий для устранения обнаруженных по результатам предыдущего аудита несоответствий и их причин.

Руководством организации не менее одного раза в год должен проводиться анализ СУОТ со стороны руководства с целью обеспечения постоянной пригодности, адекватности и результативности СУОТ.

Анализ со стороны руководства проводится для определения необходимости изменений Политики в области охраны труда, целей, элементов СУОТ; выявления изменившихся обстоятельств; принятия мер по улучшению СУОТ. Для проведения данного анализа осуществляют сбор следующей информации:

- результатов аудитов по СУОТ;
- идентифицированных опасностей и оцененных рисков;
- степени достижения установленных целей в области охраны труда;
- статистики несчастных случаев;
- сведений об инцидентах и аварийных ситуациях, изменениях в нормативных правовых актах, технических нормативных правовых актах;
- изменений в технологии производства выпускаемой продукции.

По результатам анализа со стороны руководства разрабатываются мероприятия, направленные на улучшение деятельности и повышение эффективности СУОТ, а также при необходимости осуществляются изменения целей и Политики в области охраны труда.

### 1.5. Анализ оценочных показателей в охране труда

Для оценки состояния охраны труда на предприятии рекомендуется использовать обобщенный показатель, который можно использовать при определении материального стимулирования за работу по охране труда.

Коэффициент уровня охраны труда:

$$K_{от} = \frac{K_{сп} + K_{бo} + K_{пр}}{3}, \quad (1.3)$$

где  $K_{сп}$  – коэффициент, отражающий уровень соблюдения правил охраны труда работающими;

$K_{бo}$  – коэффициент безопасности производственного оборудования;

$K_{пр}$  – коэффициент выполнения плановых работ по охране труда.

$$K_{сп} = r/r_i, \quad (1.4)$$

где  $r$  – количество работающих с соблюдением правил;

$r_i$  – общее количество работающих.

Для определения  $K_{сп}$  ведется соответствующая карта.

Коэффициент выполнения плановых работ по охране труда:

$$K_{пр} = M/M_i, \quad (1.5)$$

где  $M$  – количество выполненных мероприятий;

$M_i$  – плановое количество мероприятий.

Для определения  $K_{пр}$  на предприятии вводится карта соответствия выполнения плановых работ.

Коэффициент безопасности  $K_{бo}$  оборудования участка, цеха:

$$K_{бo} = \frac{K_{б1} + K_{б2} + \dots + K_{бn}}{n}, \quad (1.6)$$

где  $K_{б1}$ ,  $K_{б2}$ ,  $K_{бn}$  – коэффициент безопасности единицы эксплуатируемого оборудования;

$n$  – количество оборудования на участке.

$$K_{б1}, K_{б2}, K_{бn} = \Pi_c/\Pi_i, \quad (1.7)$$

где  $\Pi_c$  – количество требований безопасности, соответствующих стандарту;

$\Pi_i$  – общее количество требований безопасности к данному оборудованию.

Значения коэффициентов определяются комиссией в составе представителей администрации, представителя профкома и инженера по охране труда.

Нормативной основой для определения коэффициента безопасности является паспортизация технологических процессов на соот-

ветствие требованиям безопасности. Такую паспортизацию можно вести на основе технологических карт паспортизации, совокупность которых образует паспорт технологии, дающий исчерпывающую характеристику условий и безопасности труда. Системный подход к анализу безопасности технологических процессов потребовал ряда технологических карт паспортизации. Некоторые из них универсальны и поэтому применимы для широкого круга технологий и участков; другие же должны учитывать специфику отдельных технологий и участков и применимы только к ним.

Анализ карт паспортизации позволяет объективно оценивать безопасность технологий на основе знаний не только значения нормируемого фактора, но и продолжительности действия его в течение смены, а также учета числа работников, на которых этот фактор действует. Совокупность таких данных позволяет выполнить комплексную оценку по всем вредным факторам, применяя разработанные гигиенистами принципы нормирования по допустимой сменной безвредной продолжительности работы. В основе оценки лежит сопоставление определенной по каждому  $n$ -му фактору безвредной продолжительности  $T_{6n}$  рабочего времени в течение смены с фактической сменной продолжительностью рабочего времени  $T_{\phi}$ . Это дает возможность рассчитать факторный коэффициент безопасности в виде

$$K_n = T_{6n}/T_{\phi}. \quad (1.8)$$

Значения  $K_1 \dots K_n$  дают возможность определить комплексный показатель безопасности труда:

$$K_6 = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \dots + \frac{1}{K_n} - (n-1)} = \frac{T_6}{T_{\phi}}, \quad (1.9)$$

где  $T_6$  – безвредная продолжительность рабочего времени при комплексном воздействии различных факторов.

В ряде случаев в зависимости от степени превышения допустимого значения вредного фактора и продолжительности его действия вводят ограничения. Применительно к вредным факторам  $K_6$  позволяет определить, при каких значениях параметров условий труда можно пренебречь тем или иным фактором. Степень влияния каждого факторного коэффициента  $K_n$  на значение  $K_6$  учитывают так:

$$K'_6 = T_{6n}/T_{\phi}, \quad (1.10)$$

где  $K'_6$  – значение комплексного показателя безопасности при исключении  $n$ -го фактора.

В качестве критерия значимости фактора принимают сокращение  $T_6$  не менее чем на 0,5 ч, т. е. снижение  $K'_6$  не менее чем на 0,06 (при восьмичасовой смене).

Прогнозирование безопасности технологических процессов проводят на базе конкретных условий реализации отдельных технологий. При этом учитывают типичные закономерности в реализации технологических процессов, особенности отдельных их составляющих (длительность, цикличность, напряженность, темп), возможность отклонения в технологической дисциплине и причины этого. Кроме того, особо анализируют произошедшие травмы, их источники в данных технологиях и причины. Статистика травм позволяет получить уравнения регрессии по различным показателям травматизма и на этой основе экстраполировать их динамику на краткосрочную перспективу.

Безопасность труда оценивают вероятностью безопасной работы  $P(B)$ , определяемой по формуле:

$$P(B) = 1 - mt/T, \quad (1.11)$$

где  $mt$  – математическое ожидание суммарной продолжительности опасных ситуаций в течение смены;

$T$  – длительность смены.

Безопасность труда на машинах различной конструкции, но одного назначения оценивают по коэффициенту удельной травмоопасности  $K_y$ , определяемому числом опасных ситуаций  $N$  на единицу выполненной сменной работы  $W$ , т. е.:

$$K_y = N/W. \quad (1.12)$$

В основу оценки безопасности труда положена регистрация факта появления, продолжительности и частоты потенциально опасных ситуаций для обслуживающего персонала, возникающих в процессе выполнения им производственного задания.

Одним из важнейших показателей состояния охраны труда являются уровень и причины производственного травматизма. Их можно изучать с использованием, например, статистического, монографического, эргономического и экономического методов.

**Статистический метод** основан на анализе статистического материала по травматизму. Исходные данные для анализа содер-

жаты в соответствующих актах и отчетах предприятий. Статистический метод позволяет определить сравнительную динамику производственного травматизма за ряд лет. При этом используется ряд показателей.

Показатель частоты травматизма  $K_q$  представляет собой отношение числа травм (несчастных случаев)  $T$  за отчетный период (с потерей трудоспособности на день и более) к среднесписочной численности работающих  $P$  за этот же период, отнесенное к 1000:

$$K_q = 1000T/P. \quad (1.13)$$

Показатель тяжести травматизма  $K_t$  характеризует среднюю длительность временной нетрудоспособности и представляет собой отношение числа дней нетрудоспособности  $D$  всех пострадавших за учетный период к общему числу случаев  $T_1$  за тот же период (без учета смертельных и инвалидных исходов, учитываемых отдельно):

$$K_t = D/T_1. \quad (1.14)$$

Показатель потерь рабочего времени  $K_n$  (на 1000 работающих) за определенное время полнее характеризует состояние травматизма и определяется так:

$$K_n = 1000D/P. \quad (1.15)$$

Показатель летальности  $K_l$  обычно используют при анализе травматизма в больших подразделениях (в районе, области, республике или по ведомству) и определяют на 10 000 работающих отношением числа летальных исходов  $L$  к среднесписочному составу работающих за идентичные периоды:

$$K_l = 10\,000L/P. \quad (1.16)$$

Разновидностями статистического метода являются групповой и топографический.

При групповом методе травмы группируют по однородным признакам: по возрасту, квалификации и специальности пострадавших; видам работ; причинам несчастных случаев и т. п.

При топографическом методе несчастные случаи наносят условными знаками на план расположения оборудования в цехе или участке.

**Монографический метод** основан на детальном расследовании всех обстоятельств каждого несчастного случая (рабочего места, оборудования технологического процесса и др.).

**Эргономический метод** заключается в комплексном изучении системы «человек – машина – производственная среда» (с учетом антропометрических данных человека).

**Экономический метод** основан на определении экономического ущерба от травматизма с целью выяснения экономической эффективности затрат на разработку и внедрение мероприятий по охране труда.

Прогнозирование условий и безопасности труда в перспективных технологических процессах – это новое направление в профилактике травматизма, находящееся в стадии становления и развития, поэтому его методы окончательно не сформированы. Оно позволяет оценить направления развития различных аспектов проблем настоящего и будущего.

Каждое из направлений прогнозирования имеет свои специфические особенности, систему моделей, свою базовую информацию, прогнозируемые показатели. Однако большинство из них основывается на использовании тождественного математического аппарата, что является общим для большинства направлений прогнозирования.

Условия и безопасность труда носят социальный характер. Недостовверная оценка условий труда и несвоевременное выявление опасностей технологических процессов и техники исключают возможность принятия мер на ранней стадии разработки и проектирования. В итоге технологии и машины заключают в себе потенциальные опасности, которые проявляются на стадии эксплуатации и приводят к травмам. Поэтому предвидение опасности травмирования и заболеваний должно стать необходимой составляющей частью прогнозов технико-экономического развития производства и надежности системы «человек – машина». Прогнозирование безопасности труда в перспективных технологиях – необходимое условие рационального планирования капитальных вложений на мероприятия по профилактике травматизма и профессиональных заболеваний.

Для разработки профилактических мероприятий на перспективу в большинстве случаев целесообразно знать, какой уровень условий и безопасности труда сейчас или в недалеком прошлом был на аналогичных (сходных) технологиях или машинах, принятых за прототип, и каковы тенденции их развития. Все это, а также сведения о несчастных случаях, авариях, травмирующих факторах и объектах, травмоопасности технологий и машин в целом (по серийным

технологиям и технике) и данные по результатам испытаний предлагаемых технологий и техники организацией-разработчиком и машиноиспытательными станциями являются источниками информации для прогнозирования. Число источников информации должно быть по возможности большим (по числу технологий и машин), однако даже единичные случаи, учитывая важность проблемы, служат основанием для принятия мер по исключению возможности их повторения в перспективе. Достоверность источников информации должна быть полной.

Далее выбирают прогнозируемые показатели, которые позволили бы достоверно оценить условия и безопасность труда в перспективных технологиях и технике. Как правило, в качестве таких показателей используют те же данные, что и при оценке аналогичных факторов в существующих технологиях и технике (интегральный показатель работоспособности, снижение трудоемкости работ, увеличение эффективного фонда рабочего времени, комплексный показатель уровня безопасности труда, ПДК, ПДД, суммарные концентрации вредных веществ и т. д.). Если на этапе доработки испытывался ряд однотипных перспективных технологий или машин, то по ряду показателей могут составляться динамические ряды для прогнозирования.

Повышение показателя работоспособности, снижение трудоемкости работ, увеличение эффективного фонда рабочего времени приводят к росту производительности труда. При прогнозах этот прирост определяют как результат повышения работоспособности. В связи с тем, что элементы условий труда воздействуют на работающего комплексно, пока не установлены достоверные зависимости между работоспособностью, производительностью и условиями труда. Поэтому доказана целесообразность использования для этих целей интегрального показателя работоспособности  $K_{и}$ , характеризующего влияние на организм комплекса условий труда. Взаимосвязь  $K_{и}$  с элементами условий труда и их комплексом установлена опытным путем, при этом определяют категорию тяжести труда, разрабатывают карту условий труда и таблицы критериев. Для расчета прироста производительности труда устанавливают, какие из элементов условий труда изменяются в результате мероприятий по улучшению условий труда. Затем находят категории тяжести труда до и после осуществления указанных мероприятий (в расчет берут не только изменившиеся элементы, но и неблагоприятные факторы, которые не удалось изменить).

Если внедрение мероприятия не изменяет категорию тяжести, но увеличивает работоспособность, то используют метод определения изменения работоспособности по количественной (балльной) оценке элементов условий труда. В этом случае интегральный показатель работоспособности (%) определяют по формуле:

$$K_{и} = 100 - \frac{I_{т} - K_{о}}{K'}, \quad (1.17)$$

где  $I_{т}$  – интегральный показатель тяжести труда, баллы;

$K_{о} = 15,6$  и  $K' = 0,64$  – коэффициенты регрессии.

Кроме приведенных могут применяться и другие показатели, характеризующие условия и безопасность труда в технологиях, технике и в целом по предприятию.

#### **1.6. Вероятностное прогнозирование производственного травматизма**

С целью выработки оперативных мер для профилактики производственного травматизма необходимо знать его фактические показатели не только на данный момент, но и на краткосрочную (до 4–5 лет) перспективу. Основой такого прогнозирования являются статистические данные по травматизму и заболеваниям за ряд прошлых лет. Таким образом определяется тенденция травматизма и устанавливается уравнение регрессии с приемлемой погрешностью.

Основными обобщающими показателями, характеризующими в целом состояние охраны труда (статистический метод), являются коэффициенты частоты ( $K_{ч}$ ) и тяжести ( $K_{т}$ ) травматизма.

Вместе с тем использование этих показателей для определения состояния с травматизмом на данном предприятии, т. е. для собственных нужд, невозможно, так как установления числа несчастных случаев на 1000 работающих недостаточно для выработки конкретных мер профилактики; опасности быть травмированными подвергается только явочное число работающих. Поэтому становится совершенно ясной актуальность проблемы определения объективного показателя травматизма для каждого предприятия.

Сущность этого подхода заключается в распределении числа травмированных на данном предприятии по отдельным объектам, факторам и приемам работ с целью выявления наиболее опасных объектов. Расчленение совокупной частоты травмирования – необ-

ходимый шаг на пути ухода от сравнительности к конкретной автономии анализа с целью определения опасности различных объектов производства на основании собственного коэффициента частоты  $K_q$ :

$$K_q = T/P. \quad (1.18)$$

В общем можно говорить, что действующие разновидности статистического анализа отражают стремление разобраться в собственном хозяйстве путем разложения  $K_q$  «по полкам». Однако, несмотря на естественность и практическую значимость такого стремления, проблема определения объективного показателя  $K_q$  остается.

Не требует доказательства то, что в основе оценки благополучия по фактору травматизма и опасности производства может быть условие:

$$T < P - T. \quad (1.19)$$

Оно означает, что число травмированных  $T$  должно быть всегда меньше, чем не травмированных  $P - T$ . Этому условию соответствует показатель интенсивности травмирования  $\lambda$  на данном предприятии или его объекте, который также может определяться по какому-либо фактору, признаку (профессии, возрасту и др.) в единицу времени:

$$\lambda = \frac{T}{P-T} \text{ или } \lambda = \frac{K_q}{1-K_q}. \quad (1.20)$$

Из этого следует, что при условии  $[K_q] = 0,5$  интенсивность травмирования  $\lambda = 1$ , т. е. число травмированных равно числу оставшихся не травмированными.

Условие  $K_q = 0,5$  означает, что на данном предприятии или его объекте (рабочее место, цех и т. п.) нарушена гармония в организации производственных процессов, господствует стихия опасностей и противоречий, а управление организовано так плохо, что предприятие переходит в другое качество, т. е. явно опасное состояние. Другими словами, предприятие становится опасным на 100 %. Поэтому отношение

$$\frac{K_q}{[K_q]=0,5} \cdot 100 = K_{оп}, \quad (1.21)$$

есть критерий опасности по частоте травмирования, или

$$K_{оп} = 200K_q. \quad (1.22)$$

Анализ динамики производственного травматизма на уровне региона (отрасли) показывает, что в первом приближении ее можно описать линейной моделью. Это позволяет положить в основу методики анализа и краткосрочного прогнозирования метод линейной регрессии при возможности использования основных положений математической статистики и теории вероятности.

Математическое ожидание  $m_\tau$  и  $m_{Kq}$  параметров  $\tau_i$  и  $K_q$ :

$$m_\tau = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tau_i; \quad m_{Kq} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m T_{Kq}, \quad (1.23)$$

где  $n$  – число лет, за которые анализируется травматизм;

$\tau_i$  – период от выбранного исходного года.

Коэффициент корреляции  $K_{Kq}$ , характеризующий взаимосвязь показателя травматизма  $T_{Kq}$  с параметром времени  $\tau$ :

$$K_{Kq} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\tau_i - m_\tau)(T_{Kqi} - m_{Kq}). \quad (1.24)$$

Среднеквадратичные отклонения (дисперсии)  $D_{\tau_i}$  и  $D_{Kq}$  параметров  $\tau$  и  $K_q$ :

$$D_{\tau_i} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\tau_i - m_\tau)^2; \quad D_{Kq} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (T_{Kqi} - m_{Kq})^2. \quad (1.25)$$

Используя метод линейной регрессии, можно принять, что

$$m_{Kq} = am_{Kq} + b, \quad (1.26)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты корреляции:

$$a = K_{Kq}/D_\tau; \quad b = m_{Kq} - am_\tau. \quad (1.27)$$

Уравнение динамики удельного показателя травматизма:

$$T_{Kqi} = am_{Kq} + b + \Delta T_{Kq}. \quad (1.28)$$

Предполагаем, что  $\Delta T_{Kq}$  (отклонение фактического значения удельного травматизма от математического ожидания) распределено по показательному закону. Тогда реализация его с вероятностью 0,975 будет находиться в интервале

$$\varepsilon = \pm 2,58\sigma\Delta T_{\text{кч}}, \quad (1.29)$$

где  $\sigma\Delta T_{\text{кч}}$  – среднее квадратичное отклонение величины:

$$\sigma\Delta T_{\text{кч}} = \sqrt{D_{\text{кч}i}} - a^2 D_{\text{т}i}.$$

Таким образом можно определить максимально и минимально возможные уровни травматизма на прогнозируемый период.

Проведенный анализ и прогноз дают возможность оценивать профилактическую работу по охране труда и необходимость корректировки этой работы на различных иерархических уровнях сельхозпроизводства в краткосрочной (на 4–5 лет) перспективе.

Вместе с тем при выполнении анализа (который весьма важен) по коэффициентам частоты и тяжести несчастных случаев, обобщенному коэффициенту уровня охраны труда и некоторым другим целесообразно, на наш взгляд, также учитывать особенности системы «человек – машина – производственная среда» и влияние на эту систему организации производства при проверках состояния техники безопасности и оценке работы по созданию безопасных условий труда. Много внимания уделяется машинам, меньше – организации производства и влиянию среды и совсем мало – человеку (одет ли в спецодежду, работает ли в каске и т. д.).

На наш взгляд, этот пробел можно восполнить, применяя математическую оценку и анализ контроля над состоянием техники безопасности на производстве, введя для этого понятие уровня (степени) уязвимости в единицу времени при проведении технологического процесса:

$$Y_3 = n_1 Q_n (\sum t_1 + \sum H t_2), \quad (1.30)$$

где  $Y_3$  – уровень уязвимости (сумма входов исполнителя в опасную ситуацию), Бил/ч, Бил/смену, Бил/цикл;

$n_1$  – число, характеризующее тяжесть производственного травматизма в отрасли (отношение числа смертельных несчастных случаев к общему травматизму). За единицу принимается отношение 1/100;

$Q_n$  – количество ситуаций уязвимости (могут быть одиночные и групповые);

$\sum t_1, \sum t_2$  – время соответственно одиночных и групповых ситуаций уязвимости, мин;

$H$  – число людей, одновременно попадающих в ситуацию уязвимости.

Уровень уязвимости (Бил в единицу времени) представляет собой один вход человека в ситуацию уязвимости и выход из нее в течение минуты. При мгновенных входах и выходах –  $m$ Бил, а при групповых –  $K$ Бил.

Для характеристики степени опасности проведения данного производственного процесса вводится понятие коэффициента уязвимости, определяемый по формуле:

$$K_y = \frac{n_1 Q_n (\sum t_1 - \sum t_2 H_1)}{n_2 T H_2}, \quad (1.31)$$

где  $H_1$  – число людей, входящих в групповую ситуацию уязвимости;

$H_2$  – общее число людей, участвующих в работе;

$T$  – время, затраченное на производственный процесс с учетом длительности ситуации уязвимости, ч;

$n_2$  – число, характеризующее тяжесть травматизма для данного вида работ.

На каждый вид операций производственного цикла необходимо разработать нормы уровня и коэффициента уязвимости. Если же они будут превышать отраслевые нормативы, то следует детально проанализировать взаимосвязь в системе «человек – машина – производственная среда», исследовать организацию производственного процесса, обращая особое внимание на главную, основную часть системы – человека и корректировать его действия, устранив причины травматизма и аварий.

Определяя  $K_y$  персонала при эксплуатации нового оборудования, можно установить пригодность последнего, степень его безопасности и направить конструкторскую мысль на максимальное обеспечение безопасных условий труда. Если же машина не может быть конструктивно улучшена, то ее необходимо снять с производства во избежание травматизма и аварий.

Для характеристики производственного процесса во времени по степени опасности (уязвимости) можно составлять графики, где по оси абсцисс откладываются время и расшифровка производственного процесса по операциям, а по оси ординат – уровень уязвимости в Бил.

Такой анализ производственных процессов (по операциям, циклам и т. д.) дает возможность определять для рабочих ведущих

и травмоопасных профессий степень уязвимости, вносить соответствующие коррективы в программы их обучения и практических занятий, вводить ежегодное тестирование рабочих и мастеров. Если же человек физически и психофизиологически не соответствует занимаемой должности, предрасположен к травматизму, то ему следует перейти на другую работу (сменить профессию).

Проведя математический анализ производственного процесса, можно определить элемент случайности и более точно прогнозировать место, время и причину несчастного случая или аварии, установить оптимальные продолжительности смены, часов отдыха, обеденного перерыва и др.

### 1.7. Эргономико-психофизиологические аспекты

Психология труда занимается вопросами оценки профессиональной пригодности работника, рационализации рабочей обстановки и рабочих мест, методов труда и обучения, взаимоотношений между людьми в процессе труда. Она связана с гигиеной труда, врачебно-трудовой экспертизой, педагогикой и другими науками.

Важной областью психологии труда является изучение работоспособности человека, связанной с утомлением, суточным ритмом работы, а также обоснование оптимального режима труда, при котором производительность и качество работы имеют наименьшие изменения на протяжении рабочего дня или рабочей недели. Психология труда разрабатывает специальные методики, позволяющие измерять утомляемость и степень снижения работоспособности человека. В этой области деятельности человека психология труда тесно связана с физиологией труда.

Психология труда связана с рядом других наук: социологией труда, инженерной психологией, организационной и экономической психологией, производственной этикой, эргономикой, физиологией и гигиеной труда, технической эстетикой и др.

При определенных условиях факторы производственной среды могут оказывать вредное воздействие на организм работающих.

В связи с этим немаловажное значение имеет и приспособление человека к выполняемой работе, к требованиям безопасного ее выполнения.

Нужно стремиться к тому, чтобы не человек с известными трудностями и издержками приспособлялся к уже внедренной в производство технике, а наоборот – чтобы проекты новых машин

и оборудования способствовали созданию наиболее благоприятных условий труда.

Для успешного и безопасного выполнения любой работы работник должен обладать соответствующими знаниями, умениями и навыками.

Наряду с обучением работающего важными формами приспособления человека к окружающим условиям в процессе труда служат профессиональный отбор работников по физическим, психофизиологическим качествам, их психологическая подготовка к труду, а также изучение роли личностного фактора в произошедших несчастных случаях, авариях и случаях брака в работе.

Эти вопросы являются предметом технической психологии, которая изучает возможности психики человека в производственных условиях, определяет, например, его способность сохранять внимание к производственным сигналам и опасностям до конца рабочего времени, не допуская ошибок, а также определяет зависимость этой способности от окружающей обстановки.

Использование закономерностей этой науки позволяет успешно решать задачи приспособления человека к выполняемой работе.

При правильном выборе профессии человек может быстро и эффективно адаптироваться к работе. При отсутствии такого соответствия человек не достигает необходимого мастерства и работает на пределе физиологических возможностей, что приводит к неврозам, повышенной заболеваемости, аварийности, травматизму и низкой производительности. Однако этот человек может легко и быстро овладеть другой профессией, которая больше соответствует психофизиологическим свойствам его организма.

По мнению специалистов, использование психологических факторов в целях повышения безопасности труда является не менее важным направлением профилактической работы, чем обеспечение безопасности собственно производственной среды.

Большое значение имеет психологический настрой на безопасность. Этот настрой может достигаться улучшением психологического климата, привлечением работающих к поиску новых способов предупреждения несчастных случаев и поощрением инициативы в этом деле.

Необходимые для работы качества приобретаются в процессе обучения, стажировки, периодического инструктирования, повышения квалификации.

Важными психологическими мероприятиями по обеспечению безопасности труда являются предупреждение об опасности, про-

пагандистская работа, разбор конкретных ситуаций, которые привели или могли привести к травме. Наглядность и убедительность в этой работе способствуют лучшему запоминанию требований безопасности труда, умению действовать в непредвиденных ситуациях. Ценность этих мероприятий состоит в том, что они носят профилактический характер, т. е. проводятся до возникновения несчастного случая.

Большинство людей исключительно высоко ценят атмосферу дружеского сотрудничества, товарищества, взаимного участия и не согласны, даже при увеличении заработной платы, променять сплоченный, дружный коллектив на другой, где таких отношений нет.

На психологический климат в трудовом коллективе большое влияние оказывают отношения между членами данного коллектива, особенно между подчиненными и руководителем. Формы руководства при этом играют исключительно важную роль.

Практика показала, что при выборе форм контроля, мер поощрения и наказания руководителю следует учитывать индивидуальные черты личности работника. Так, наказание людей робких по натуре, не уверенных в себе, может дезорганизовать их работу, а периодическое поощрение – улучшить ее; в то же время частое поощрение слишком самоуверенных людей приводит их в состояние «головокружения от успехов» и заносчивости и т. д.

К ценным средствам профилактики травматизма относится разбор конкретных несчастных случаев на данном предприятии. С этой целью необходимо использовать анализ всех несчастных случаев, включая микротравмы, а также имевшие место опасные ситуации, не завершившиеся несчастными случаями.

Эти и другие мероприятия должны служить одной из важнейших целей – определить деятельность по обеспечению здоровых и безопасных условий труда как важное, приоритетное направление.

Состояние производственной обстановки играет существенную роль в обеспечении безопасности труда наряду с исправностью оборудования, отлаженностью производственных процессов, метеорологическими условиями труда.

Основной целью производственной эстетики является эстетическое совершенствование трудовой обстановки, способствующее безопасности, более высокой производительности труда и хорошему настроению работающих. Эстетика призвана внести художественное начало в трудовые процессы, что способствует одухотворению труда, воспитанию человека. Производственная эстетика

эмоционально, эстетически воздействует на человека в производственной сфере.

Основным направлением производственной эстетики является использование цвета как фактора, формирующего эстетическое отношение к труду. Это достигается рациональной окраской оборудования.

В настоящее время действует ряд ГОСТов по правильной окраске помещений, оборудования, трубопроводов и выбору сигнальных цветов и знаков безопасности.

Наиболее благоприятными для глаз считаются цвета средневольтных участков спектра и, в первую очередь, зеленый и желтый, причем в общей картине цехов следует образовывать красивые сочетания, гармонически связанные между собой и тем самым создающие наиболее благоприятные условия для работы.

В определенные цвета следует окрашивать поверхности оборудования, их движущиеся части, органы управления. Открытые коробки передач, для обращения на них внимания, их внутренние поверхности следует окрашивать в ярко-красный цвет. Выступающие части подъемно-транспортного оборудования следует выделять черно-желтой окраской, наносимой в виде полос. На трубопроводы наносится опознавательная окраска в зависимости от групп транспортируемых по ним веществ и цифровые обозначения этих групп.

Проектирование цветового решения интерьеров цехов и помещений следует выполнять в соответствии с Указаниями по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий.

Развитие производства, механизация и автоматизация производственных процессов, повышение требований безопасности и гигиены труда предъявляют новые требования к конструкциям машин и оборудования.

При проектировании машины нужно учитывать способности обслуживающего рабочего понимать и правильно использовать информацию, поступающую от приборов и сигналов машины, с тем, чтобы создать условия для выработки у работника привычных движений и исключить возможность его ошибочных действий.

Следует иметь в виду, что легче на стадии конструирования найти правильное решение, обеспечивающее безопасность машины, нежели в процессе эксплуатации приспособить ее к требованиям охраны труда. Любая машина должна быть сконструирована так, чтобы работать на ней было удобно, легко и безопасно.



**Эргономика** – научная дисциплина, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах, выявляющая возможности и закономерности создания оптимальных условий для высокопроизводительного труда и обеспечения необходимых удобств, содействующих развитию способностей человека. Ее предметом является трудовая деятельность, а объектом исследования – система «человек – орудие труда – предмет труда – производственная среда».

Эргономика так или иначе связана со всеми науками, предметом исследования которых является человек. По природе своей эргономика занимается профилактической охраной труда.

Требования эргономики к организации и проектированию трудовых процессов подразделяются на: экономические, психофизиологические, психологические, антропологические, биомеханические, гигиенические, эстетические и социальные.

К **экономическим** требованиям относятся: повышение технической вооруженности труда; наиболее полное использование оборудования и организация рабочего места; выбор оптимальной технологии, устранение лишних затрат рабочего времени; строгая регламентация темпа и ритма работы.

К **психофизическим** требованиям – установление соответствия скоростных, энергетических, зрительных и других физиологических возможностей человека в рассматриваемом технологическом процессе; введение рациональных режимов труда и отдыха, сокращение объема информации, снижение нервно-эмоциональных напряжений и физических нагрузок; профессиональный отбор.

К **психологическим** требованиям – установление соответствия закрепленных и формируемых навыков возможностям восприятия, памяти и мышления.

К **антропологическим и биомеханическим** – установление соответствия орудий труда размерам, форме и массе тела человека, силе и направлению движений.

К **гигиеническим** – создание оптимальных метеорологических условий, оптимального физико-химического состава воздушной среды, освещенности, уровней шума и вибрации в пределах требований ГОСТов, ССБТ и т. д.

К **эстетическим** – определение соответствия между эстетическими потребностями человека и реализуемыми в художественно-конструкторских решениях рабочими местами (орудиями труда) и производственной средой.

К **социальным** – повышение профессиональной подготовки, содержательности труда, творческой активности работников, совершенствование кооперации труда, управления производственными процессами и др.

Эргономика органически связана с художественным конструированием (дизайном), целью которого является формирование гармоничной и предметной среды, отвечающей материальным и духовным потребностям человека.

Эргономические мероприятия по охране труда начинаются с рационализации труда, которая заключается в переходе к рациональным методам – более совершенным рабочим движениям и приемам, соответствующей организации рабочего места, условий и средств труда.

Рационализация труда основывается на получении оптимальной структуры трудового процесса: сокращении количества рабочих движений, равномерности и ритмичности их выполнения, снижении утомляемости, устранении лишних рабочих движений, механизации и автоматизации их.

Недостатки в работе по охране труда несут за собой значительные экономические потери. Заболеваемость и травматизм работников, затраты на компенсации за работу в неблагоприятных условиях труда приводят к ухудшению экономических результатов работы предприятия. По имеющимся сведениям, от травматизма со смертельным исходом общество несет потери, оцениваемые суммой, эквивалентной почти 604 тыс. долларов США в расчете на одну такую травму [22].

Наиболее важными параметрами системы управления с точки зрения оценки «человеческого фактора» являются: скорость (время цикла регулирования), точность, надежность.

Инженерная психология разрешает проблему – как удовлетворить эти требования современной техники к человеку, не нарушая охрану труда.

Независимо от того, в какой роли выступает человек-оператор – приемника, анализатора, ретранслятора, исполнителя – скорость его определяется временем полного цикла регулирования, т. е. временем, в течение которого объект переводится из некоторого исходного состояния в заданное. Математический процесс регулирования описывается как функция времени.

В простом случае одноконтурной системы время цикла регулирования (оборота сигнала по контуру «человек – машина») представляет собой сумму времени задержки сигнала во всех звеньях:

$$T = \sum_{i=1}^n t_i + T_0, \quad (1.32)$$

где  $T$  – время цикла регулирования;

$t_i$  – время задержки сигнала в  $i$ -м звене системы;

$n$  – количество звеньев в системе управления;

$T_0$  – время задержки сигнала оператором (от момента поступления сигнала до ответа на него действием).

Если сравнить различные звенья системы «человек – машина» по времени задержки сигнала, то оказывается, что человек значительно отстает от машинных звеньев. Время задержки сигнала  $T_0$ , т. е. время реакции человека, исчисляется десятками долями секунды, целыми секундами и даже иногда минутами. Время же  $\sum t_i$  обычно на 2–3 порядка меньше.

Латентный период (время от момента появления сигнала до начала движения) простой реакции человека зависит, прежде всего, от того, на какой анализатор воздействует сигнал-раздражитель. Значения этих величин для возбуждения средней интенсивности таковы:

– зрительный анализатор – 150–220 мс;

– слуховой анализатор – 120–180 мс.

Общее время, которое оператор затрачивает на получение информации от индикаторов и на выполнение ответных действий, составит:

$$T_0 = \sum_{i=1}^k \Delta t_i n_i + \sum_{i=1}^k \Delta \tau_i n_i + t_c + \sum_{i=1}^m t_{mi} n_i, \quad (1.33)$$

где  $k$  – количество приборов (стрелок, знаков);

$\Delta t_i$  – время, необходимое для полной оценки показателей прибора (стрелок, знаков);

$\Delta \tau_i$  – время перевода глаза с одного прибора на другой (полный цикл заканчивается в исходной точке);

$t_c$  – длительность времени спонтанной (самопроизвольной) отвлекаемости оператора;

$t_{mi}$  – время выполнения моторных действий по управлению регулятором машины;

$m$  – количество регуляторов системы;

$n_i$  – количество однотипных приборов или периодичность контроля (число наблюдений или переключений).

Управление машиной будет надежным и эффективным тогда, когда информация, поступающая от машины и требующая активной переработки, будет соответствовать пропускной способности человека. В качестве единицы информации принимается бит. Число битов равно числу логических решений «да – нет» при равной возможности выбора.

Поток информации в человеке (определяется в бит/с) не остается постоянным на всем пути восприятия и переработки информации – органы чувств, головной мозг, мускулы и т. п. Так, наиболее «узким местом» на этом пути является мозг. В среднем человек может принять в секунду не более  $7 \pm 2$  независимых решений.

Оптимальное количество информации для человека лежит в пределах 0,1–5,6 бит/с. Увеличение количества информации снижает скорость ее приема, оператор начинает ошибаться в приеме входных сигналов и искажает их сам. Другая крайность – уменьшение потока информации – приводит к тому, что за счет монотонности и бедности внешних воздействий могут возникнуть явления, сходные с последствиями переутомления: увеличивается число ошибок, снижается эмоциональный тонус.

Точность и надежность – серьезные требования к работе, ибо ошибки в процессе переработки информации или в действиях человека ведут к браку продукции, снижению производительности труда, а также могут привести к травматизму, порче оборудования и к авариям.

По точностным характеристикам оператор является наиболее слабым звеном системы «человек – машина».

Тренировка в этом смысле имеет огромное значение, но рассчитывать на то, что тренировка сведет к минимуму возможные ошибки в работе оператора, нельзя. Факты показывают, что даже очень опытные операторы могут допускать грубые ошибки в работе. Поэтому для обеспечения особой надежности систем целесообразно использование двух параллельно и самостоятельно работающих операторов. В этом случае в контур управления вводится контрольно-согласующее устройство с двумя выходами. Ошибка может пройти только в том случае, если оба оператора одновременно совершают ее. Вероятность такого совпадения очень мала, что значительно повышает общую точность работы системы. Эту вероятность можно оценить по формуле:

$$P = \sum_{s=1}^N \left[ \tau_s \sum_{i=1}^n (P_{1i} P_{2i}) \right], \quad (1.34)$$

где  $\tau_s$  – время, необходимое для выполнения операции;

$P_{1i}$  – вероятность того, что первый оператор сделает ошибку типа  $i$  при выполнении операции  $s$ ;

$P_{2i}$  – вероятность того, что второй оператор сделает ошибку типа  $i$  при выполнении операции  $s$ ;

$N$  – число операций;

$n$  – число ошибок.

В этом случае можно значительно сократить число ошибок, проникающих в систему. Так, оказалось, что если при работе одного оператора было 116 ошибок на 1 000 000, то при одновременной и независимой работе двух операторов число ошибок упало до 37.

На надежность работы оператора очень сильно влияют различные помехи (шум, свет, грязь, вибрации и т. п.).

Наилучшим путем повышения надежности работы оператора следует считать выполнение оптимального согласования оператора с машиной и создание нормальных условий жизнедеятельности в процессе работы.

Для уменьшения числа ошибок из-за перегрузки оператора необходимо ограничивать поток поступающей информации, отфильтровывая излишние сигналы, а также включать дополнительные каналы для приема информации.

### 1.8. Оценка социально-экономической эффективности

Под социально-экономической эффективностью понимают соотношение результатов и затрат, вызывающих социальный и экономический эффект. Различают целевые и комплексные мероприятия: целевые направлены только на улучшение условий труда, комплексные, наряду с указанным, сопровождаются общим совершенствованием производственного процесса.

Затраты по функциональному назначению делятся на три группы: на затраты, предупреждающие вредное и опасное воздействие элементов труда на работников, на способствующие ослаблению указанного действия и на связанные с восстановлением рабочей силы.

Затраты денежных средств на предупреждение вредного и опасного воздействия элементов условий труда определяются величиной

дополнительных расходов при модернизации действующей и создании новой техники, соблюдением требований и норм системы стандартов безопасности труда (ССБТ). Затраты на ослабление вредного и опасного воздействия условий труда определяются также величиной дополнительных расходов на приобретение и эксплуатацию средств коллективной и индивидуальной защиты, а также санитарно-бытовое обслуживание. Затраты, связанные с восстановлением рабочей силы, включают в себя затраты, обусловленные предоставлением льгот и компенсаций и проведением медико-профилактических мероприятий.

Мероприятия обеспечиваются соответствующей проектно-конструкторской и другой технической документацией, в необходимых объемах финансированием и материальными ресурсами.

В соответствии с Положением «О планировании и разработке мероприятий по охране труда» финансирование мероприятий осуществляется организациями за счет:

- средств, затраты по которым относят на себестоимость продукции (работ, услуг), если мероприятия носят некапитальный характер и непосредственно связаны с участием работников в производственном процессе;
- сметы расходов организаций, финансируемых из бюджета, если мероприятия носят некапитальный характер;
- средств амортизационного фонда, если мероприятия проводятся одновременно с капитальным ремонтом основных средств;
- банковского кредита, если мероприятия входят в комплекс кредитуемых банком затрат по внедрению новой техники или расширению производства;
- инвестиций в основной капитал, включая фонд накопления, если мероприятия являются капитальными.

Для более эффективного вложения материальных средств предварительно необходимо составлять план проведения мероприятий по охране труда.

Затраты на улучшение условий труда приводят к достижению социальных и экономических результатов. В экономике под затратами понимают представление в денежной форме величины ресурсов, использованных для получения некоторых полезных результатов. Социальные результаты оцениваются сокращением заболеваемости, травматизма, текучести рабочей силы, повышением работоспособности, увеличением продолжительности жизни и периода трудовой активности, ростом творческого потенциала лич-

ности, улучшением использования трудовых ресурсов. Экономические результаты оцениваются экономией и предотвращением потерь живого и общественного труда в производстве и непроеизводственной сфере, ростом производительности труда, улучшением результатов деятельности.

Расчет экономических потерь вследствие заболеваемости и травматизма (потери от заболеваемости, суммарные потери, связанные с травмами); определение экономии от проведения мероприятий по охране труда (расчет показателей эффективности, годовая экономия по отдельным элементам затрат, общая экономия от внедрения мероприятий по охране труда) выполнены в изданных методических указаниях «Определение социально-экономической эффективности совершенствования охраны труда на сельскохозяйственных предприятиях».

Для проведения данного расчета необходимо иметь следующие исходные данные (из форм статистической отчетности):

- $n$  – число работающих (среднегодовое) в течение года;
- $D$  – число рабочих дней (смен) в году;
- $d_3$  – число дней нетрудоспособности вследствие заболеваний;
- $d_T$  – число дней нетрудоспособности вследствие травм;
- $C_B$  – стоимость всей валовой продукции, произведенной в хозяйстве за год, млн. руб.;
- $d_p$  – число дней расследования;
- $Z_c$  – суммарный дневной заработок лиц, участвующих в расследовании, тыс. руб.;
- $C_6$  – стоимость одного дня по больничному листу, руб.;
- $Z_{cp}$  – средний дневной заработок, руб.;
- $d_{кл}$  – суммарная продолжительность лечения в стационаре, дней;
- $C_{кл}$  – стоимость одного койко-места в больнице, руб.;
- $d_{ам}$  – количество посещений лечебного заведения;
- $C_{ам}$  – стоимость одного посещения лечебного заведения, руб.;
- $C_{аб}$  – стоимость испорченного оборудования или затрат на его ремонт, руб.

*Примечание.*  $C_{кл}$  и  $C_{ам}$  следует определять один раз, то есть при определении потерь от травматизма  $P_{\Sigma T}$  или потерь от заболеваемости  $P_{\Sigma 3}$ . Остальные составляющие потерь определять отдельно для травматизма и для заболеваемости.

Суммарные экономические потери предприятия ( $\Sigma P_1$ ), которые связаны с заболеваемостью и травматизмом, определяются по формуле:

$$\Sigma P_1 = P_{\Sigma T} + P_{\Sigma 3}, \quad (1.35)$$

где  $P_{\Sigma T}$  – сумма потерь (выраженная в денежной форме), связанных с производственными травмами, руб.;

$P_{\Sigma 3}$  – сумма потерь (выраженная в денежной форме), связанных с заболеваемостью из-за условий труда, не соответствующих установленным нормативам, руб.

Для определения вышеуказанных потерь используются следующие источники информации:

- листки учета временной нетрудоспособности;
- материалы экспертной оценки стоимости испорченного оборудования и инструмента;
- медицинское заключение реабилитационной комиссии;
- расчеты бухгалтерии и другие документы.

Потери от заболеваний  $P_{\Sigma 3}$ , являющиеся следствием неудовлетворительных условий труда, определяются:

$$P_{\Sigma 3} = C_{3л} + C_{вп} + C_6 + C_n, \quad (1.36)$$

где  $C_{3л}$  – сумма недополученной вследствие болезни заработной платы. Ее величина определяется исходя из среднего дневного заработка ( $Z_{cp}$ ):

$$C_{3л} = Z_{cp} d_3. \quad (1.37)$$

Стоимость недополученной вследствие заболеваемости валовой продукции:

$$C_{вп} = \frac{C_B d_3}{nD}. \quad (1.38)$$

Выплата по больничному листу:

$$C_6 = C_6 d_3. \quad (1.39)$$

Убытки от недоудержания налога на заработную плату:

$$C_n = \frac{C_{3л} (A + B)}{100}, \quad (1.40)$$

где  $A$  – отчисления в фонд социального страхования (для промышленных предприятий – 35 % от фонда оплаты труда, для предприятий АПК – 30 % от ФОТ);

$B$  – отчисления в фонд занятости (для промышленных предприятий – 1 % от фонда оплаты труда, для предприятий АПК – 0,5 %).

Суммарные потери, связанные с травмами, складываются из следующих показателей:

$$P_{\Sigma T} = C_a + C_k + C'_{зп} + C'_n + C'_b + C_p + C_{аб} + C'_{вп}. \quad (1.41)$$

Стоимость амбулаторного ( $C_a$ ) и клинического ( $C_k$ ) лечения определяется соответственно по следующим зависимостям:

$$C_a = C_{ам}d_{ам}, C_k = C_{кл}d_{кл}. \quad (1.42)$$

Сумму недополученной заработной платы  $C'_{зп}$  определяют исходя из среднего дневного заработка  $Z_{cp}$ :

$$C'_{зп} = Z_{cp}d_T. \quad (1.43)$$

Убытки от недополучения налогов:

$$C'_n = \frac{C'_{зп}(A+B)}{100}. \quad (1.44)$$

Сумма выплат по больничному листку:

$$C'_b = C_бd_T. \quad (1.45)$$

Стоимость расследования несчастных случаев ( $C_p$ ) складывается из суммарного дневного заработка ( $Z_c$ ) лиц, участвующих в расследовании (инженер по охране труда, технический инспектор, общественный инспектор и др.), умноженная на число дней расследования ( $d_p$ ):

$$C_p = Z_c d_p. \quad (1.46)$$

Стоимость восстановления испорченного оборудования  $C_{аб}$  принимают по данным бухгалтерии.

Стоимость валовой продукции, недополученной из-за травм:

$$C'_{вп} = \frac{C_B d_T}{nD}. \quad (1.47)$$

Существуют также затраты, связанные с получением образования пострадавшим работником (с полной утратой трудоспособности). Приблизительно эти затраты установлены в соответствующей

литературе, но в современных условиях с учетом инфляции постоянно индексируются.

В случае летального исхода расходы на доплату к пенсии членам семьи, находящимся на иждивении погибшего, составляют:

$$D = \left( \frac{Z_{м1}}{I+1} - Z_{и} \right) m_{и} \cdot 12K, \quad (1.48)$$

где  $Z_{м1}$  – средняя месячная заработная плата пострадавшего, руб.;

$Z_{и}$  – размер пенсии иждивенцу, руб.;

$I$  – количество иждивенцев, чел.;

$m_{и}$  – количество лет выплаты пенсии иждивенцу;

12 – количество месяцев в году;

$K$  – коэффициент, учитывающий степень вины предприятия, устанавливается в размере от 1 до 50 % в соответствии с действующим законодательством.

Условные потери прибавочного продукта вследствие производственного травматизма:

– при временной нетрудоспособности:

$$P_{п} = Z_{cp}d_T\beta; \quad (1.49)$$

– при инвалидном исходе:

$$P_{п} = Z_{м1}(T - m_{п}) \cdot 12\beta \cdot 1,1, \quad (1.50)$$

где  $T$  – возраст, при котором пострадавший имел бы право на получение пенсии по старости, лет;

$m_{п}$  – возраст пострадавшего, лет;

$\beta$  – коэффициент условных потерь прибавочного продукта по отношению к средневой зарплате в связи с выбытием пострадавшего из производства, условно принимается равным 1,4; 1,1 – коэффициент, учитывающий изменение зарплаты за  $(T - m_{п})$  лет.

В реальных условиях общие потери предприятия могут включать не все виды указанных затрат и в то же время могут включать другие, не указанные в рассматриваемой методике, расходы.

Так, хозяйство терпит потери, связанные с доплатой разницы заработной платы пострадавшему или заболевшему, перешедшему на инвалидность, для возмещения ущерба его здоровью:

а) при частичной потере трудоспособности:

$$Д = [З_{м1} - (З_{м2} + З_{п})]T_{п}K; \quad (1.51)$$

б) с полной утратой трудоспособности:

$$Д = (З_{м1} - З_{п})T_{п}K, \quad (1.52)$$

где  $З_{м2}$  – средняя месячная заработная плата пострадавшего (после выхода на инвалидность), руб.;

$З_{п}$  – размер месячной пенсии пострадавшего, вышедшего на инвалидность, руб.;

$T_{п}$  – число месяцев выплаты пенсии по инвалидности, рассчитываемое по формуле:

$$T_{п} = 12(T - m_{п}). \quad (1.53)$$

Расходы на оказание первой помощи пострадавшему:

$$П = З_{ч1}m_{ч1} + З_{ч2}m_{ч2} + З_{ч3}m_{ч3} + \dots + З_{чn}m_{чn}, \quad (1.54)$$

где  $З_{ч1} \dots З_{чn}$  – часовая заработная плата 1...n лиц, принявших участие в оказании первой помощи, руб.;

$m_{ч1} \dots m_{чn}$  – время, затраченное на оказание первой помощи, ч.

Расходы на выплату пенсии пострадавшему в случае инвалидного исхода вследствие заболеваемости или травмы в соответствии с действующим законодательством:

$$И_{п} = З_{п}T_{п}. \quad (1.55)$$

Часть показателей, определенных выше, возмещается за счет средств предприятия, а другая возмещается из общегосударственных средств, которые формируются из налогов, базой для их расчета является фонд оплаты труда.

В отдельных случаях затраты на амбулаторное ( $C_a$ ) и клиническое ( $C_k$ ) лечение могут быть отнесены непосредственно на предприятие, если травма или заболевание произошли по вине предприятия.

При общем улучшении условий труда, вследствие реализованных мероприятий в этой области, годовая экономия достигается за счет экономии расходов на льготы и компенсации за работу в неблагоприятных условиях труда, экономии затрат на обучение и переподготовку работников, экономии условно-постоянных расходов и удельных капиталовложений вследствие роста производительности труда при сокращении потерь рабочего времени.

К примеру, годовая экономия фонда заработной платы в связи с сокращением или полной отменой дополнительного отпуска ( $\mathcal{E}_o$ ) рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_o = (Ч_1T_1 - Ч_2T_2)З_{ср}, \quad (1.56)$$

где  $Ч_1, Ч_2$  – численность работающих, пользующихся дополнительным отпуском до и после внедрения мероприятий (базовая и плановая), чел.;

$T_1, T_2$  – средняя продолжительность дополнительного отпуска одного работающего, пользующегося правом на этот отпуск (базовая и плановая), дней.

Годовая экономия фонда заработной платы в связи с уменьшением количества или полной отменой сокращенных рабочих дней ( $\mathcal{E}_д$ ) рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_д = З_чФ_д(Ч'_1T'_1 - Ч'_2T'_2), \quad (1.57)$$

где  $З_ч$  – средняя часовая заработная плата одного работающего, руб.;

$Ф_д$  – годовой фонд рабочего времени одного работника, дней;

$Ч'_1, Ч'_2$  – численность работников, работающих по сокращенному рабочему дню, до и после внедрения мероприятий, чел.;

$T'_1, T'_2$  – средняя величина сокращения рабочего дня для одного работника за работу в неблагоприятных условиях труда до и после внедрения мероприятий, ч.

Годовая экономия фонда заработной платы в связи с сокращением численности работающих, получающих доплату за работу в неблагоприятных условиях труда ( $\mathcal{E}_c$ ), рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_c = C_тФ_н(K_{т1}Ч_{т1} - K_{т2}Ч_{т2}), \quad (1.58)$$

где  $C_т$  – средняя часовая ставка работника при нормальных условиях труда, руб.;

$Ф_н$  – годовой фонд рабочего времени одного рабочего, ч;

$K_{т1}, K_{т2}$  – средний процент увеличения ставок в зависимости от условий труда до и после их улучшения;

$Ч_{т1}, Ч_{т2}$  – численность работников, получающих доплату за неблагоприятные условия труда до и после их улучшения, чел.

Годовая экономия средств фонда социального страхования вследствие сокращения заболеваемости в результате улучшения условий труда ( $\mathcal{E}_{cc}$ ) определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{cc} = B_M Y_3 (B_{H\Sigma} - B_{Hn}) \cdot 0,25 \text{Ч}_n / \text{П}_{\Sigma}, \quad (1.59)$$

где  $B_M$  – годовые выплаты по больничным листам работающих (базовые), руб.;

$\text{П}_{\Sigma}$  – суммарные потери рабочего времени по болезни (базовые), чел.-дней;

$B_{H\Sigma}$ ,  $B_{Hn}$  – потери рабочего времени по временной нетрудоспособности в расчете на одного работающего (базовые, плановые), дней;

0,25 – удельный вес производственно-обусловленной заболеваемости в ее общей величине;

$Y_3$  – индекс роста среднегодовой зарплаты работников по плану;

$\text{Ч}_n$  – плановая численность работников (среднегодовая), чел.

Годовая экономия средств в связи с сокращением текучести рабочей силы вследствие улучшения условий труда ( $\mathcal{E}_T$ ) устанавливается по формуле:

$$\mathcal{E}_T = X(B_1 - B_2), \quad (1.60)$$

где  $X$  – условно принятая средняя величина среднегодового ущерба, причиненного предприятию текучестью рабочей силы в расчете на одного работающего, руб.;

$B_1$ ,  $B_2$  – численность уволившихся по причине неудовлетворенности условиями труда до и после их улучшения, чел.

Прирост производительности труда за счет увеличения фазы устойчивой работоспособности (доли продуктивного рабочего времени) рассчитывается по формуле:

$$\text{П}_T = 100 \frac{(\Phi_{12} H_1 + \Phi_{22} H_2) - (\Phi_{11} H_1 + \Phi_{21} H_2)}{\Phi_{11} H_1 + \Phi_{21} H_2}, \quad (1.61)$$

где  $\Phi_{11}$ ,  $\Phi_{12}$  – общая продолжительность фазы устойчивой работоспособности до и после осуществления мероприятий, ч;

$\Phi_{21}$ ,  $\Phi_{22}$  – общая продолжительность фазы пониженной работоспособности до и после осуществления мероприятий, ч;

$H_1$ ,  $H_2$  – среднечасовая выработка в периоды устойчивой и пониженной работоспособности.

Прирост производительности труда за счет снижения трудоемкости продукции (работ) рассчитывается по формуле:

$$\text{П}_T = 100 \left( \frac{T_1}{T_2} - 1 \right), \quad (1.62)$$

где  $T_1$  и  $T_2$  – трудоемкость продукции (работ) до и после внедрения мероприятий.

Прирост производительности труда за счет экономии численности работников вследствие улучшения условий труда определяется по формуле:

$$\text{П}_T = 100 \frac{\mathcal{E}_n}{\text{Ч}_{cp} - \mathcal{E}_n}, \quad (1.63)$$

где  $\mathcal{E}_n$  – сумма условной экономии (высвобождения) численности работающих по всем мероприятиям, чел.;

$\text{Ч}_{cp}$  – расчетная среднемесячная численность работающих в целом, исчисленная на объем производства планируемого периода по соответствующим данным базового периода, чел.

Условная экономия (высвобождение) численности работающих за счет сокращения потерь рабочего времени вследствие улучшения условий и охраны труда:

$$\mathcal{E}_n = \frac{(B_1 - B_2) \text{Ч}_1}{100 - B_2}, \quad (1.64)$$

где  $B_1$ ,  $B_2$  – потеря рабочего времени до и после внедрения мероприятий, %;

$\text{Ч}_1$  – численность работающих до внедрения мероприятий, чел.

Общая экономия от совершенствования охраны труда определяется по зависимости:

$$\mathcal{E}_T = \sum \text{П}_1 - \sum \text{П}_2 - \mathcal{Z}_M, \quad (1.65)$$

где  $\sum \text{П}_1$  и  $\sum \text{П}_2$  – суммарные потери от травматизма и заболеваний до и после внедрения мероприятий по охране труда, руб.;

$\mathcal{Z}_M$  – затраты на мероприятия по улучшению условий и охраны труда, руб.

Показатель эффективности затрат  $K_3$  характеризует денежную отдачу с каждого рубля, вложенного в мероприятие по улучшению условий и охраны труда, и определяется следующим образом:

$$K_3 = \frac{\sum \Pi_1 - \sum \Pi_2}{Z_m}. \quad (1.66)$$

Окупаемость единовременных затрат в годах определяется по формуле:

$$T = \frac{Z_m}{\sum \Pi_1 - \sum \Pi_2}. \quad (1.67)$$

Если полученный срок окупаемости  $T$  меньше нормативного  $T_n = 12,5$  лет, то мероприятие считается экономически эффективным.

## 2. ПАРАМЕТРЫ ТРАВМОБЕЗОПАСНОСТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

---

### 2.1. Методологические предпосылки прогнозирования безопасности труда в технологических операциях

Существует несколько методов оценки и устранения опасных ситуаций и неблагоприятных условий труда: управление охраной труда путем паспортизации объектов на соответствие требованиям безопасности; выбор интенсивных путей профилактики на основе анализа и прогнозирования травматизма; инженерно-техническое обеспечение безопасности технологий и средств электромеханизации производства; нормативно-правовое закрепление основных положений безопасности по технологиям, технике и др. При этом общие методологические и технические решения, используемые на промышленных объектах, не дают такого же социально-экономического эффекта при использовании их в сельскохозяйственном производстве. Это обусловлено, главным образом, спецификой условий функционирования технологических систем агропромышленного комплекса.

Сельскохозяйственные машины и агрегаты (вместе с обрабатываемой средой) представляют собой сложные динамические системы. Входные воздействия и выходные переменные являются, как правило, случайными процессами. К ним, в соответствии с рассматриваемой проблемой, отнесем показатели состояния безопасности труда. В настоящее время эта особенность систем управления (в том числе систем обеспечения безопасности труда) при проектировании сельскохозяйственной техники и разработке нормативов ее безопасной эксплуатации учитывается не в полной мере. Это, на наш взгляд, может являться одной из причин высокого уровня производственного травматизма и производственно-обусловленной заболеваемости работников АПК.

При обосновании модели функционирования технологической системы АПК необходимо исходить из сложившихся организа-



ционных и технических принципов обеспечения безопасности труда:

- снижение и ликвидация потенциальной опасности;
- защита расстоянием, предполагающая ослабление действия опасных и вредных производственных факторов при увеличении расстояния между источником опасности и субъектами;
- защита временем, заключающаяся в сокращении длительности пребывания работающих в условиях воздействия опасных и вредных факторов;
- принцип недоступности, применение которого призвано обеспечить невозможность попадания работающего в зону действия опасных и вредных факторов или попадания этих факторов в рабочую зону;
- блокировка, состоящая в прекращении существования опасных и вредных факторов в случаях проникновения людей в зоны опасности или вредности;
- принцип информатизации: предупреждение, запрещение, реализуемые посредством световой, звуковой или другой сигнализации;
- обучение и инструктажи по охране труда.

Основным исходным требованием в системе управления (контроля, регулирования) технологическими, энергетическими и трудоохранными процессами является поддержание параметра управления  $Y_j(t)$  в допустимых для конкретных условий функционирования границах. Эти границы определяются функциональными допусками, которые определяются применяемыми методами и средствами управления параметром  $Y_j(t)$ . При этом указанные параметры процесса должны являться критерием оптимальности данных методов и средств. В связи с этим рассмотрим пригодность используемых в современной науке и практике показателей и оценок для решения задачи обеспечения безопасности технологических систем АПК по критериям их информативности (объективности), прогнозируемости и управляемости.

Для оценки объективности названных показателей исходим из того, что традиционный подход к решению проблемы повышения безопасности труда имеет следующие целевые постановки:

$$Y(K_{\text{ч}}, K_{\text{п}}, K_{\text{т}}, K_{\text{чсм}}, K_{\text{л}}, n_1) \rightarrow 0; \quad (2.1)$$

$$Y(K_{\text{ч}}, K_{\text{п}}, K_{\text{т}}, K_{\text{чсм}}, K_{\text{л}}, n_1) \rightarrow \min, \quad (2.2)$$

где  $Y$  – уровень травматизма;

$K_{\text{чсм}}$  – коэффициент частоты производственного травматизма со смертельным исходом;

$n_1$  – количество пострадавших.

Первая постановка (2.1) имеет смысл полной ликвидации травматизма, вторая (2.2) – минимизации его уровня.

Известно, что традиционная техника безопасности базируется на категорическом императиве: обеспечить безопасность, не допустить никаких аварий и несчастных случаев. Как показывает практика, такая концепция не адекватна законам техносферы. Требование абсолютной безопасности, подкупающее своей гуманностью, может обернуться трагедией для людей, потому что обеспечить нулевой риск в действующих системах невозможно.

Современный мир отверг концепцию абсолютной безопасности и пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска, суть которой – стремление к такой малой опасности, которую приемлет общество в данный период времени. Приемлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет собой некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения. Прежде всего нужно иметь в виду, что экономические возможности повышения безопасности технических систем не безграничны. Так, затрачивая чрезмерные средства на повышение безопасности, можно нанести ущерб социальной сфере, например, ухудшить медицинскую помощь.

При алгоритмизации модели обеспечения безопасности технологических систем АПК необходимо учитывать также то, что фундаментальная аксиома о потенциальной опасности любой работы однозначно предполагает существование непрерывной вероятности травмирования или развития профессиональной заболеваемости при непрерывной деятельности. Однако в современных исследованиях преобладает версия, которая отвергает непрерывную вероятность травмирования. Версия базируется на результатах анализа статистических данных, представляющих несчастные случаи как относительно редкое (при достаточно большой выборке анализируемых лиц) явление. При такой посылке для анализа динамики травматизма наиболее подходящим математическим аппаратом будет теория массового обслуживания.

Данный аппарат эффективен, если потоки событий (несчастных случаев) отвечают условиям стационарности и марковости. Но не-

дифференцируемость (безынерционность) марковских процессов означала бы нецелесообразность трудовой деятельности, так как принимается предпосылка об отсутствии последствия или малом последствии события. То есть, принимая предпосылку о марковости потока несчастных случаев, необходимо принять и другую: частота несчастных случаев в том или ином интервале времени не зависит от частоты и тяжести последствий несчастных случаев на предшествующих интервалах времени. Но это противоречит существующей идеологии трудовой деятельности. После каждого несчастного случая положено проводить организационно-технические и другие профилактические мероприятия (например, внеочередной инструктаж), что призвано уменьшить частоту и тяжесть последствий несчастных случаев в последующие промежутки времени. Более того, смысл трудовой деятельности и состоит в том, чтобы всеми доступными средствами обеспечить минимальную «инерцию» мероприятий по безопасности труда.

Анализ научно-технической, патентной, нормативно-методической литературы показывает, что в качестве методологической базы решения проблемы могут быть приняты методы статистической динамики, широко применяемые для решения научных и технических задач, но не нашедшие должного применения в трудовой охране.

Один из путей улучшения условий и повышения безопасности труда работников АПК – это замена инерционной системы ликвидации последствий травматизма и заболеваемости системой предупреждения риска производственного травматизма, основные идеи которой представлены на функциональной схеме, приведенной на рис. 2.1.

Однако для анализа динамических процессов в системе предупреждения риска следует решить несколько проблемных задач:

- установить динамику эффективности различных направлений трудовой деятельности;
- разработать методику комплексной оценки безопасности, техники и технологии;
- разработать банк данных о влиянии различных трудовых мероприятий на травматизм и заболеваемость.

Поиски возможностей применения методов статистической динамики для оценки безопасности труда наталкиваются на сложности, связанные с особенностями временных рядов показателей уровня травматизма. По характеру изменения эти временные ряды можно отнести к классу стационарных случайных процессов ограниченной

деятельности, содержащих сезонные, регулярные и неперiodические составляющие колебания.

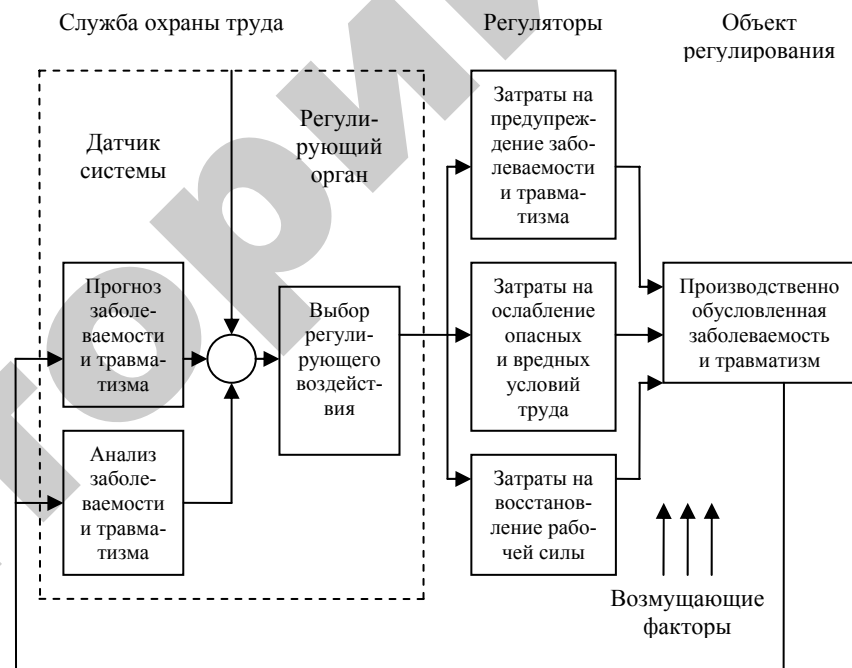


Рис. 2.1. Функциональная схема предупреждения травматизма и производственно-обусловленной заболеваемости в АПК

В общем виде временные ряды травматизма описываются выражением:

$$F(X, Z, \eta, t) = X(\psi, t) + Z(Z, t) + \eta, \quad (2.3)$$

где  $X(\psi, t)$  – неперiodические и регулярные колебательные компоненты;

$Z(Z, t)$  – нестационарная часть временного ряда;

$\eta$  – случайная часть временного ряда;

$t$  – временные точки исходного ряда:  $t \in [0, T]$ , где  $[0, T]$  – интервал наблюдения.

Неперiodические и регулярные колебательные компоненты могут быть представлены неперiodической функцией, составляющие

которой имеют некрратные друг другу и интервалу наблюдения периоды [21]:

$$X(\psi, t) = \sum_{i=1}^N A_i \psi_i(t + T_i), \quad (2.4)$$

где  $N$  – число компонент;  
 $A$  – коэффициент компоненты;  
 $T_i$  – период  $i$ -й компоненты.

Нестационарная часть  $Z(Z, t)$  характеризуется математическим ожиданием:

$$E\{Z\} = m(t); \quad (2.5)$$

$$E\{Z - EZ\}^2 = \sigma^2(t). \quad (2.6)$$

Случайная составляющая  $\eta$  имеет нулевое математическое ожидание:

$$E\{\eta\} = 0 \quad (2.7)$$

и быстро затухающую автокорреляционную функцию:

$$E\{\eta_1, \eta_{t-\tau}\} \rightarrow 0 \text{ при } \tau > 0, \quad (2.8)$$

где  $\tau$  – период накопления данных.

Частотная область анализа процесса в соответствии с теоремой Котельникова:

$$\omega \in \left(0, \frac{\pi}{\Delta t}\right). \quad (2.9)$$

Учитывая вышеизложенное, представляется более корректным прогнозировать не абсолютные показатели травматизма, а изменения вероятностей несчастных случаев и тяжести их последствий, то есть если  $A$  – событие, состоящее в том, что произошло травмирование, то вероятность этого события  $p = P(A)$ . Числовая определенность вероятности  $P(A)$  дает возможность найти критерии уровня производственного травматизма.

В связи с этим рассмотрим процедуру вычисления вероятности травмирования. Для расчетов принимаются исходные данные:

$n$  – среднесписочный состав работников того или иного производственного объекта, подлежащего учету;

$U$  – число травм, наблюдаемых на данном производственном объекте в течение года.

Принимается теоретическая предпосылка о том, что события  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_U$  (события, состоящие в том, что произошел 1, 2, 3, ...,  $U$ -й несчастный случай) являются независимыми и имеют равную вероятность  $p$ .

В соответствии с законом больших чисел, сформулированным Чебышевым, и теорией Бернулли [21]:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} P\left\{\left|\frac{U}{n} - p\right| \leq \xi\right\} = 1. \quad (2.10)$$

где  $U/n$  – частота события  $A$  на объекте со среднесписочным составом  $n$ ;

$p$  – доля случаев травмирования, приходящаяся на одного рабочего данного хозяйства в течение года;

$\xi$  – сколь угодно малая фиксированная положительная величина.

Формула (2.10) содержит в себе утверждение: при достаточно большом  $n$  частота события  $A$  сколь угодно мало отличается от вероятности –  $P(A)$ . Тем самым утверждается существование вероятности  $p$  и дается способ оценки ее числового значения.

Допустим, величина  $p$  определена. Рассматривая  $n$  как последовательность  $n$  независимых испытаний, при каждом из которых событие  $A$  может произойти с вероятностью  $p$  или не произойти с вероятностью  $q = 1 - p$  (схема Бернулли), можно получить в виде членов разложения бинома Ньютона вероятности того, что событие  $A$  произойдет  $k$  раз.

Известно, что случайная величина такого рода может сходиться к величине, распределенной по нормальному закону (конечная  $p$ ), или к величине, распределенной по закону Пуассона (малое  $p$ ). В нашем случае использовать эти распределения не удастся, поскольку соотношения  $n$  и  $p$  неблагоприятны в равной степени для величин, определяемых этими законами. Отношение  $U/n$  попадает в промежуточную область в обоих вариантах (значительная погрешность при недостаточно больших значениях  $n$ ). Следовательно, целесообразно вернуться к исходному допредельному распределению (распределению Бернулли):

$$\xi_i \begin{cases} = 0 \\ = 1 \end{cases}. \quad (2.11)$$

В соответствии со статистическими данными  $\xi_i = 0$ , если  $i$ -й работник в течение года не имел травм;  $\xi_i = 1$ , если  $i$ -й работник в течение этого времени был травмирован.

Общее число случаев травмирования  $\xi$  представляется суммой независимых, одинаково распределенных случайных величин:

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n. \quad (2.12)$$

Вероятность травмирования вычисляем по биномиальному закону:

$$P(\xi = k) = C_n^k p^k q^{n-k}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, n. \quad (2.13)$$

Математическое ожидание и дисперсия сумм независимых случайных величин находятся следующим образом:

$$M\xi_i = q \cdot 0 + p \cdot 1 = p; \quad (2.14)$$

$$M\xi = \sum_i M\xi_i = np; \quad (2.15)$$

$$D\xi_i = q(0-p)^2 + (1-p)^2 = \dots = pq; \quad (2.16)$$

$$D\xi = \sum_i D\xi_i = npq, \quad (2.17)$$

где  $M\xi_i$ ,  $M\xi$  – соответственно математические ожидания вероятности травмирования отдельного работника и числа случаев травмирования на группу из  $n$  работающих;

$D\xi_i$ ,  $D\xi$  – соответственно дисперсии этих случайных величин.

Эти данные используются для первого контроля согласия теоретической схемы с практикой. При этом исходят из неравенства Чебышева [21]:

$$P\{|\xi - np| > k\sigma\} \leq \frac{1}{k^2}, \quad (2.18)$$

где  $\sigma = \sqrt{D\xi} = \sqrt{npq}$ ;

$k$  – выбранная константа.

Например, при  $k = \sqrt{2}$  правая часть неравенства равна 0,5 и неравенство (2.18) приобретает вид:

$$P\{|\xi - np| > \sqrt{2npq}\} \leq 1. \quad (2.19)$$

Пользуясь соотношением

$$(\Delta\xi)^2 = 2npq, \quad (2.20)$$

где  $\Delta\xi = \sqrt{2npq}$ , можно вычислить значения  $n$ , отвечающие  $\Delta\xi = 1, 2, 3, \dots, n$ .

Приняв для определенности, например, что  $P = 2 \cdot 10^{-4}$ ,  $q = 1 - P = 1$ , находим:

$$n = \frac{(\Delta\xi)^2}{4 \cdot 10^{-4}} = \frac{(\Delta\xi)^2}{4} \cdot 10^4. \quad (2.21)$$

С использованием той же схемы Бернулли дается расчет ожидаемого числа травм на рассматриваемом объекте и вероятности фактически наблюдаемого числа травм. Для получения этих данных используются основная формула распределения Бернулли (2.13) и формула математического ожидания по схеме Бернулли (2.15), в которых величина  $p$  определяется статистически по всей совокупности однотипных объектов. Прямой подсчет производится по рекуррентному соотношению:

$$P\{\xi = k+1\} = \frac{n-k}{k+1} \cdot \frac{p}{q} \cdot P\{\xi = k\}, \quad (2.22)$$

$$P\{\xi = 0\} = qn, \quad (2.23)$$

где  $k = 0, 1, 2, \dots, n-1$ .

Последовательно вычисляемые вероятности  $P\{\xi = k\}$  суммируются:

$$F(x) = \sum_{k=0}^x P\{\xi = k\}. \quad (2.24)$$

Таким образом находятся все значения ступенчатой функции распределения случайной величины. Полученные значения  $p$  могут быть сведены в таблицы с двумя входами ( $k$ ,  $P$ ) с шагом изменения  $p$  и  $n$ , допускающим интерполяцию промежуточных значений с достаточной точностью.

Если полученное значение выходит за пределы 90 % ожидания возможных исходов, этот факт заслуживает внимания как событие, вероятность которого не превышает 0,05, и необходимо выявлять

эти специфические факторы, положительно или отрицательно влияющие на уровень травматизма.

Можно констатировать, что известные методы оценки трудовой деятельности, прогнозирования травматизма на производстве и средства его предупреждения разрабатываются параллельно и не увязаны между собой. Указанные методы прогнозирования производственного травматизма нацелены на предсказание его абсолютных показателей, что невозможно в силу влияния на травматизм большого числа случайных факторов различной природы и структуры. Более корректно и достаточно для управления безопасностью труда оценивать относительное изменение уровня вероятности травмирования на производстве вследствие применения новых или совершенствования существующих функций и средств охраны труда. Становится очевидной необходимость решения научно-технической проблемы повышения безопасности труда операторов сельскохозяйственной техники, для чего следует разработать единую методологическую концепцию оценки состояния и прогнозирования безопасности труда на основе вероятностных методов для определения ожидаемого количества несчастных случаев и тяжести их последствий на рассматриваемом сельскохозяйственном объекте.

## 2.2. Травмобезопасность при эксплуатации грузоподъемных машин

Пространство, в котором постоянно действует или периодически возникает производственный фактор, опасный для жизни и здоровья человека, называется опасной зоной.

Опасная зона может появиться вокруг движущихся, вращающихся элементов, вблизи грузов, перемещаемых подъемно-транспортными машинами. Наличие опасной зоны может быть связано с опасностью поражения электрическим током, с возможностью травмирования падающими частями груза.

Особую угрозу представляет опасная зона, где возможен захват одежды или волос работающего движущимися частями оборудования (в момент приближения к неогражденным карданным передачам машин).

Опасность движущихся или вращающихся деталей возрастает, если на них имеются выступающие части (головки болтов, шпильки). Когда части машины вращаются навстречу друг другу, создается опасность втягивания в опасную зону.

Различают постоянные и переменные опасные зоны.

Постоянные зоны – зоны, размещающиеся у подвижных частей оборудования при наличии определенной закономерности их перемещения во время работы.

Переменные зоны существуют вокруг источников опасности, которые с течением времени изменяют свое направление в соответствии с создавшимися условиями и режимами выполнения операций трудового процесса, а также свойствами материалов. К переменным относят зоны, возникающие в процессе погрузочно-разгрузочных работ при различных положениях стрелы, тележки или ходовой платформы крана, эксплуатации мобильных сельскохозяйственных машин.

Границы постоянных опасных зон можно легко определить, так как они не меняются в процессе выполнения работ, а границы переменных зон не имеют четких очертаний в пространстве. Поэтому для создания безопасных условий труда очень важно найти максимальное расстояние, в пределах которого возможно воздействие на человека опасных производственных факторов эксплуатируемых машин и оборудования. При работах, выполняемых на высоте, опасной зоной считают участок, расположенный под рабочей площадкой, границы которого определяют горизонтальной проекцией, увеличенной на безопасное расстояние  $L_{без}$ , м:

$$L_{без} = 0,3H,$$

где  $H$  – высота, на которой выполняют работу, м.

Максимальное расстояние, м, от строящегося объекта, в пределах которого могут возникать опасности:

$$l = \frac{S_c}{9,81m} (20h_{п1} + 0,235h_{п1}^2) + 0,45v\sqrt{h_{п1}}, \quad (2.25)$$

где  $S_c$  – эффективная площадь поперечного сечения падающего предмета,  $m^2$  (определяют как среднее арифметическое значений площадей наибольшего и наименьшего сечений);

9,81 – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;

$m$  – масса падающего предмета, кг;

$h_{п1}$  – высота падения предмета, м;

$v$  – горизонтальная составляющая скорости падения предмета, м/с.

При работе грузоподъемной машины (электротельфера, кран-балки и т. п.) возможное расстояние, м, на которое отлетает груз при обрыве одной из строп (рис. 2.2), определяют по формуле:

$$L_{от} = 2\sqrt{h_{г} [l_{с}(1 - \cos \alpha) + a]}, \quad (2.26)$$

где  $h_{г}$  – высота подъема груза, м;

$l_{с}$  – длина ветви стропа, м;

$\alpha$  – угол между стропами и вертикалью, град.;

$a$  – расстояние от центра тяжести груза до его края, м.

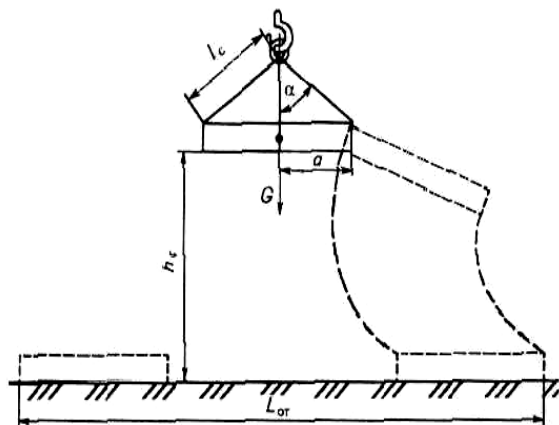


Рис. 2.2. Схема определения границ опасной зоны при обрыве стропа грузоподъемной машины:  
 $G$  – сила тяжести

Для стреловых кранов дополнительно учитывают вылет стрелы при расчете расстояния, на которое отлетает груз в случае обрыва стропа. Тогда:

$$L_{от} = l_{в} + 2\sqrt{h_{г} [l_{с}(1 - \cos \alpha) + a]}, \quad (2.27)$$

где  $l_{в}$  – вылет стрелы крана, м.

При перемещении механических транспортных средств по ходу их движения возникает опасная зона, границы которой определяют с учетом скорости движения, массы транспортного средства, времени реакции водителя, эффективности тормозного устройства

и коэффициента сцепления шин с поверхностью дороги. Расчет границ такой зоны рассмотрим далее.

Расчет грузовой устойчивости проводится для трех положений крана:

1. Кран работает на наклонной площадке с максимально допустимым углом наклона  $\alpha$ . Ребро опрокидывания крана направлено в сторону уклона. Продольная ось стрелы расположена под углом  $45^\circ$  относительно рабочей площадки. Коэффициент грузовой устойчивости равен отношению момента относительно ребра опрокидывания от массы всех частей крана с учетом дополнительных нагрузок к моменту от массы груза номинальной величины относительно того же ребра опрокидывания.

2. Кран находится на наклонной площадке с максимальным допустимым углом наклона, заданным в паспорте крана. Продольная ось стрелы крана направлена в сторону уклона. Ребро опрокидывания смещено в сторону уклона и направлено перпендикулярно к плоскости изменения вылета стрелы. Коэффициент  $K_1$  грузовой устойчивости в этом случае определяется отношением момента относительно ребра опрокидывания от массы всех частей крана с учетом дополнительных нагрузок (ветровой нагрузки, нагрузки от сил инерции при пуске и торможении механизмов крана) к моменту от массы поднимаемого груза номинальной величины относительно того же ребра опрокидывания.

3. Кран находится на горизонтальной площадке. Коэффициент грузовой устойчивости определяется отношением момента относительно ребра опрокидывания от массы всех частей крана без учета дополнительных нагрузок к моменту от массы поднимаемого груза номинальной величины относительно того же ребра опрокидывания.

Коэффициент грузовой устойчивости для указанного второго положения крана:

$$K_1 = \frac{M_{к} + M_{гр} - M_{гр.ин} - M_{в.к} - M_{в.гр} - M_{г.к} - M'_{г.к} - M_{ц}}{G_{гр}(a-b)} \geq 1,15, \quad (2.28)$$

где  $M_{к}$  – восстанавливающий момент от массы крана, Н · м;

$M_{гр}$  – момент относительно ребра опрокидывания от силы тяжести груза, Н · м;

$M_{гр.ин}$  – момент относительно ребра опрокидывания от веса груза при работе механизма подъема в неустановившемся режиме, Н · м;

$M_{в.к}$  – момент от ветровой нагрузки на подветренную площадь крана, Н · м;

$M_{в.гр}$  – момент относительно ребра опрокидывания от ветровой нагрузки на кран в рабочем состоянии, действующей на подветренную площадь груза, Н · м;

$M_{г.к}$  – суммарный момент относительно ребра опрокидывания, вызванный инерционными нагрузками от масс груза и элементов крана при работе механизма передвижения крана в неустановившемся режиме, Н · м;

$M'_{г.к}$  – суммарный момент относительно ребра опрокидывания, вызванный инерционными нагрузками от масс груза и стрелы при работе механизма подъема стрелы в неустановившемся режиме, Н · м;

$M_{ц}$  – момент относительно ребра опрокидывания, вызванный центробежной силой груза при вращении крана, Н · м;

$G_{гр}$  – масса поднимаемого груза номинальной величины (определяется с учетом массы съемных грузозахватных приспособлений), Н;

$a$  – расстояние от точки подвеса груза до плоскости, проходящей через ось вращения крана параллельно ребру опрокидывания, м;

$b$  – расстояние от оси вращения крана до ребра опрокидывания, м.

Восстанавливающий момент от массы крана:

$$M_k = G_k[(b + c)\cos\alpha - h_1\sin\alpha], \quad (2.29)$$

где  $G_k$  – масса крана (рассматривается в виде равнодействующей масс всех элементов крана, проходящих через центр масс крана в вертикальном направлении), Н;

$c$  – расстояние от плоскости, проходящей через ось вращения крана параллельно ребру опрокидывания, до центра масс крана, м;

$\alpha$  – угол наклона опорной поверхности крана, град.;

$h_1$  – расстояние от центра масс крана до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м.

Момент относительно ребра опрокидывания от силы тяжести груза:

$$M_{гр} = G_{гр}[(a - b)\cos\alpha + h\sin\alpha], \quad (2.30)$$

где  $h$  – расстояние от головки стрелы до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м.

Момент  $M_{гр}$  от массы груза при работе крана на наклонной площадке рассчитывается с учетом зависимости грузоподъемности крана от вылета стрелы. Вследствие малого значения допустимого угла наклона крана момент  $M_{гр}$  можно определять по выражению:

$$M_{гр} = G_{гр}(a - b). \quad (2.31)$$

Момент относительно ребра опрокидывания от массы груза при работе механизма подъема:

$$M_{гр.ин} = \frac{G_{гр}v(a - b)}{gt}, \quad (2.32)$$

где  $v$  – скорость подъема груза, м/с;

$t$  – время неустановившегося режима работы механизма подъема груза, с.

Момент от ветровой нагрузки на подветренную площадь крана:

$$M_{в.к} = F_{в.к}\rho, \quad (2.33)$$

где  $F_{в.к}$  – ветровая нагрузка на кран в рабочем состоянии, Н;

$\rho$  – расстояние от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра масс подветренной площади крана, м.

Момент относительно ребра опрокидывания от ветровой нагрузки на кран в рабочем состоянии, действующей на подветренную площадь груза:

$$M_{в.гр} = F_{в.гр}\rho_1, \quad (2.34)$$

где  $F_{в.гр}$  – ветровая нагрузка на кран в рабочем состоянии, передаваемая со стороны груза на кран, Н;

$\rho_1$  – расстояние от опорной поверхности грузовой площадки крана до головки стрелы, м.

Характер воздействия ветровой нагрузки со стороны груза на кран зависит от способа подвеса груза. При этом равнодействующая от массы груза  $G_{гр}$  и ветровой нагрузки  $F_{в.гр}$  будет направлена вдоль каната, так как гибкий подвес способен воспринимать только растягивающие нагрузки. Используя правило параллельного переноса, получим аналогичную систему сил, приложенную к головным блокам стрелы. Тогда плечом ветровой нагрузки  $F_{в.гр}$  относительно ребра опрокидывания будет считаться расстояние  $\rho_1$  от опорной поверхности грузовой площадки крана до головки стрелы.

Суммарный момент относительно ребра опрокидывания, вызванный инерционными нагрузками на кран от массы груза и элементов крана, при работе механизма передвижения крана в неустановившемся режиме:

$$M_{г.к} = \frac{G_{гп} v}{gt_1} h + \frac{G_{к} v_1}{gt_1} h_1, \quad (2.35)$$

где  $v_1$  – скорость передвижения крана, м/с;

$t_1$  – время неустановившегося режима работы механизма передвижения крана, с;

$h_1$  – расстояние от центра масс крана до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м.

Суммарный момент относительно ребра опрокидывания, вызванный инерционными нагрузками от масс груза и стрелы при работе механизма подъема стрелы в неустановившемся режиме:

$$M'_{г.к} = \frac{(G_{гп} + G_{пр.с}) v'_2}{gt_2} h + \frac{(G_{гп} + G_{пр.с}) v''_2}{gt_2} (a - b), \quad (2.36)$$

где  $G_{гп}$  и  $G_{пр.с}$  – соответственно массы груза и стрелы, приведенные к головке стрелы, Н;

$v'_2$  – составляющая скорости подъема стрелы, параллельная опорной поверхности, м/с;

$t_2$  – время неустановившегося режима работы механизма, изменяющего вылет стрелы, с;

$v''_2$  – составляющая скорости подъема стрелы, перпендикулярная к опорной поверхности крана, м/с.

Момент относительно ребра опрокидывания, вызванный центробежной силой груза при вращении крана:

$$M_{ц} = \frac{G_{гп} n^2 l h}{900 - n^2 H}, \quad (2.37)$$

где  $n$  – частота вращения стрелового оборудования крана, мин<sup>-1</sup>;

$l$  – расстояние от оси вращения крана до центра масс подвешенного груза при установке крана на горизонтальной площадке, м;

$H$  – расстояние от головки стрелы до центра масс подвешенного груза с учетом того, что центр масс располагается на уровне земли, м.

Центробежную силу от массы груза следует рассматривать приложенной к головным блокам стрелы на плече  $h$  относительно ребра опрокидывания.

Коэффициент грузовой устойчивости для второго положения крана:

$$K'_1 = \frac{G_{к} (b + c)}{G_{гп} (a - b)} \geq 1,4. \quad (2.38)$$

Коэффициент устойчивости для третьего положения крана  $K''_1$  должен быть не менее 1,15. Его можно рассчитать, подставив в формулу полученные значения восстанавливающих моментов, зная массу поднимаемого груза номинальной величины, массу крана и ряд других значений, входящих в приведенные выше формулы, в частности значения  $a, b, c, H, h$ , угол наклона опорной поверхности и др.

Значение коэффициента  $K_2$  собственной устойчивости крана определяют при наиболее неблагоприятном положении крана относительно направления действия ветровой нагрузки:

$$K_2 = G_{к} \frac{(b - c) \cos \alpha - h_1 \sin \alpha}{F_{в.к} \rho_2}, \quad (2.39)$$

где  $F_{в.к}$  – ветровая нагрузка на кран в нерабочем состоянии, Н;

$\rho_2$  – расстояние от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра приложения ветровой нагрузки, м.

Для кранов с машинным приводом механизма изменения вылета стрелы коэффициент собственной устойчивости определяют в предположении, что стрела установлена в нижнее рабочее положение. Обязательной является проверка устойчивости стрелы в положении минимального вылета от запрокидывания в сторону противовеса под действием ветровой нагрузки на кран в рабочем состоянии.

Для обеспечения безопасности эксплуатации грузоподъемные механизмы (ГПМ) имеют в своем составе следующие приборы безопасности:

- указатели грузоподъемности;
- указатели наклона;
- ограничители высоты подъема крюка;
- ограничители вылета стрелы;
- ограничители грузоподъемности (ОГП).



Даже оснащенные такими приборами ГПМ являются источником аварийных ситуаций. Например, в СУ-184 стройтреста № 2 в городе Пинске произошел несчастный случай со смертельным исходом с рабочим строительного управления. Причинами аварии явились: неправильная установка крана на площадке, с которой монтировались фундаментные блоки; неисправность релейного блока ограничителя нагрузки типа ОНК-М; несоответствие по разрывному усилию каната требованиям Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов и данным паспорта на кран. В деревне Амговичи Слуцкого района произошел несчастный случай со стропальщиком ПМК-71 ПСО «Водпромстрой» Минсельхозпрода Республики Беларусь на строительстве водотводного канала при монтаже непроектной железобетонной плиты весом 2,25 тонны краном КС-4561А. Здесь произошел разрыв стрелового расчального каната в результате перегруза крана из-за косо-го натяжения грузового каната и заземления плиты в грунте. Приборы безопасности в это время были заблокированы. В г. Гомеле в ТСК АПСМО «Гомельпромстрой» произошел несчастный случай с машинистом мостового крана, где основной причиной аварии явилось то, что человек, ответственный за безопасную работу на кране, допустил эксплуатацию крана, несмотря на то, что его работа была запрещена после проведения технического диагностирования.

Обобщающий анализ несчастных случаев и аварий при использовании ГПМ показывает, что основной их причиной является низкий уровень организации безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, а именно: ошибочное включение или неквалифицированное обслуживание ГПМ; чрезмерные инерционные нагрузки вследствие ошибок крановщика или слабину канатов; наклонное положение крана или подъем груза при искривленном положении грузового каната, особенно в поперечном направлении стрелы; перегрузка и деформация деталей при передвижении и в транспортном положении; несоблюдение сроков технического обслуживания; неудовлетворительный производственный контроль над безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов со стороны руководителей и специалистов предприятий; невыполнение обслуживающим персоналом требований инструкций по охране труда; неправильные действия пострадавших и крановщиков; допуск к эксплуатации неисправного оборудования; неэффективность приборов безопасности.

Следует также учитывать, что экономические проблемы и высокая стоимость ГПМ привели к тому, что краны эксплуатируются

более 15–20 лет, что значительно превосходит назначенный ресурс. Согласно Правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов необходимо их диагностирование методом неразрушающего контроля по силовому оборудованию в нескольких точках. На наш взгляд, этого недостаточно, так как: исследование нескольких точек стрелы не дает полного представления о состоянии конструкции; стреловое оборудование не является единственным источником аварийных ситуаций; различные условия эксплуатации ГПМ в течение назначенного срока производят различное влияние на элементы конструкции; усталостные свойства металла невозможно учесть до их проявления, что определяется функцией «время – нагрузка».

Следует также заметить, что кроме основных силовых элементов ГПМ, отказ которых может проявиться порой через несколько лет эксплуатации, имеется быстро изнашивающийся элемент – крановый канат, который является одним из факторов, приводящих к возникновению аварийных ситуаций. Данные о их сроках службы приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Нормативные сроки службы канатов ГПМ

Тип крана	Грузоподъемность крана, т	Срок службы
Автомобильный К-67	6,3	8
Железнодорожный дизель-электрический	8	14
Гусеничный самоходный СКГ-160	5,5	10
Портальные:		
– «Кировец» СНГ;	10	6
– «Ганц» Венгрия;	5	7
– «Каяр» Франция;	5	10
– «Абус» Германия	10	7

Долговечность крановых канатов зависит от ряда переменных факторов, которые можно отнести к технологическим и эксплуатационным. Это – качество проволоки, характер свивки, технология изготовления прядей и канатов, применяемые смазочные материалы, химико-термическая обработка проволоки и каната в целом, реальные эксплуатационные условия работы каната, воспринимаю-

щего статические, динамические, повторно-переменные растягивающие, изгибные и контактные нагрузки, которые вызывают интенсивное изнашивание наружного слоя проволок и их обрыв.

К эксплуатационным факторам, влияющим на долговечность канатов, также относятся соотношение диаметра барабана к диаметру каната, материал блоков, барабанов и других деталей канатно-блочной системы, профиль и размер канавок блоков, режим работы механизма подъема, окружающая среда, соблюдение правил навешивания каната, уход за ним.

Для изучения влияния вышеизложенных и других факторов на безопасность работы ГПМ и для уменьшения количества аварийных ситуаций должно проводиться исследование состояния каната в каждой конкретной точке нагрузочной характеристики с последующим суммированием результатов. Однако для практической работы, учитывая коэффициенты запаса прочности силовых элементов ГПМ, можно применить исследование в  $n$  точках нагрузочной характеристики.

Предлагаемый принцип подхода к решению данной задачи изложим на примере. Имеется ГПМ с математической моделью, представленной формулой:

$$Y = X(H), \quad (2.40)$$

где  $Y$  – число допустимых циклов работы ГПМ при нагружении с усилием (массой  $H$ );

$X(H)$  – функция, показывающая зависимость количества безопасных циклов работы от прилагаемой нагрузки.

Решим вышеприведенное уравнение для 10-ти точек с усилиями  $H_1 \dots H_{20}$  и получим количество циклов безопасной работы  $Y_1 \dots Y_{20}$ . Предположим, что будет создано импульсное устройство – прибор, фиксирующий нагрузку. Тогда коэффициенты  $Y_1 \dots Y_{20}$  вводим в память данного прибора для измерения нагрузочно-временных характеристик. К примеру: ГПМ совершил ряд циклов с нагрузкой, приведенной в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Характеристика циклов работы ГПМ

Номер цикла	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Нагрузка в цикле	$H_1$	$H_5$	$H_3$	$H_{10}$	$H_{15}$	$H_2$	$H_8$	$H_{20}$	$H_{12}$	$H_{14}$

Количество импульсов, поступивших в счетное устройство прибора, будет равно:

$$N = H_1 K_1 + H_5 K_5 + H_3 K_3 + H_{10} K_{10} + H_{15} K_{15} + H_2 K_2 + H_8 K_8 + H_{20} K_{20} + H_{12} K_{12} + H_{14} K_{14}, \quad (2.41)$$

где  $K_1 \dots K_{15}$  – коэффициенты, учитывающие время нахождения ГПМ под нагрузкой и переводящие число безопасных циклов работы ГПМ ( $Y$ ) при нагружении усилием  $H$  в число импульсов на вход суммирующего устройства.

Любой механизм после периода приработки до расчетного срока эксплуатации при приложении допустимой нагрузки изнашивается равномерно.

Исходя из вышеприведенных рассуждений, можно выполнить результирующий график износа в виде зависимости количества импульсов, поступивших на вход счетного устройства прибора, от времени работы ГПМ с различными нагрузками.

С течением времени число импульсов на условном счетном устройстве растет и отражает нагрузку, которой подвергся ГПМ в течение определенного времени, а число импульсов на конкретном участке прямо пропорционально нагрузке, приложенной к механизму. Даже нагрузка  $H_1 K_1$ , которая показывает начальное состояние механизма, имеет некоторое количество импульсов, так как ГПМ в ненагруженном состоянии имеет собственную массу и подвергается процессам старения, и через определенное время не эксплуатирующийся объект теряет рабочие качества.

Для того чтобы вывести зависимость числа импульсов на входе счетного устройства от нагрузки, приложенной к механизму, требуется иметь расчет механизма на прочность и усталость. При этом расчете получаем количество безопасных циклов работы при допустимой нагрузке. Например, механизм может выполнить  $N$  циклов подъема груза массой  $H$ . Так как износ механизма прямо пропорционален нагрузке, приложенной к нему в расчетном диапазоне, то груз массой  $(H - H_1)$  механизм сможет поднять  $(N + N_1)$  циклов, где  $N_1$  – добавочное число циклов из-за того, что поднимается груз массой ниже расчетной грузоподъемности на  $H_1$ .

Исходя из вышеприведенного приближенное количество циклов работы ГПМ при нагрузке меньше расчетной на  $H_1$  равно:

$$N_1 = \frac{HN}{H - H_1}. \quad (2.42)$$

Можно заметить, что при  $H$ , равном  $H_1$ , число рабочих циклов возрастет до бесконечности, но реальный ГПМ имеет собственную массу, и металл, из которого он изготовлен, подвержен старению, поэтому более справедливым будет следующее выражение:

$$N_1 = \frac{HN}{H - H_1 + H_0}, \quad (2.43)$$

где  $H_0$  – некоторый коэффициент, определяющий собственную массу и особенности конструкции данного механизма и условий эксплуатации, которые будут включать следующие факторы: температуру, при которой он будет эксплуатироваться; ветровую нагрузку; мобильность (немаловажно, будут ГПМ эксплуатировать стационарно или его часто придется переустанавливать); климатические (в условиях морского климата более интенсивно происходит процесс коррозии). Отдельным пунктом следует учесть непредвиденные ситуации перегрузки механизма, а именно: отказ приборов безопасности; неквалифицированные действия крановщика; преднамеренная блокировка приборов безопасности; перегрузки при обрыве каната.

Для случая перегрузки применять вышеуказанную формулу нельзя, так как она справедлива для расчетного участка кривой износа, а здесь мы имеем дело с аварийным участком износа, где могут происходить необратимые изменения конструкции в целом, поэтому в данной формуле следует это учесть:

$$N_1 = \frac{HN}{(H - H_1 + H_0)K_{пр}}, \quad (2.44)$$

где  $K_{пр}$  – коэффициент перегрузки, показывающий, во сколько раз нагрузка на ГПМ превышает расчетную; ГПМ при этом попадает на участок аварийного износа.

Учет импульсов на счетном устройстве следует вести лишь до того времени, пока нагрузка не будет превышать некоторую максимально допустимую, определяемую запасом прочности данного механизма или узла. При нагрузке большей, чем максимально допустимая без учета коэффициентов запаса прочности, следуют необратимые последствия: пластическая деформация, трещины, повреждение каната и другие. Для учета данных факторов в приборе

должна быть предусмотрена блокировка работы ГПМ в целом, а для дальнейшей эксплуатации ГПМ необходимо будет провести внеплановое полное техническое освидетельствование.

Блок-схема прибора для учета нагрузочно-временных характеристик ГПМ представлена на рисунке 2.3. Этот прибор позволяет преобразовывать данные датчика усилия крановых установок в нагрузочно-временную характеристику (тонна-час), которая, в свою очередь, будет связана с процентом износа крановой установки и вероятностью безопасной работы.



Рис. 2.3. Блок-схема прибора

Входное устройство представляет собой устройство сопряжения между датчиком усилия крановой установки и прибором измерения нагрузочно-временных характеристик. Блок сравнения выдает разницу между входным сигналом и частотой импульсов генератора. Генератор импульсов выдает импульсы для работы блока сравнения. Делитель частоты преобразует импульсы генератора в необходимый диапазон частот для работы блока сравнения. Суммирующее устройство накапливает импульсы, выходящие с блока сравнения. Устройство индикации отображает количество импульсов, поступивших с блока сравнения.

Используя прибор, можно в любой момент получить сведения о накопленной нагрузке на ГПМ, что позволит определить время до проведения технического обслуживания или ремонта механизма.

### 2.3. Устойчивость к опрокидыванию машинно-тракторных агрегатов

Устойчивость машинно-тракторных агрегатов (МТА) характеризуется их способностью работать на участках с продольным и поперечным уклоном без опрокидывания. Значительную часть срока службы современная техника работает на высокой скорости, неред-

ко в тяжелых дорожных условиях. На пути машин встречаются неровности в виде всевозможных выступов и впадин микрорельефа, при преодолении которых возникают динамические явления в сочетании с общим рельефом местности, вызывающие иногда опрокидывания. Возможно боковое опрокидывание и во время транспортного маневрирования.

Основные причины возможных случаев опрокидывания могут быть сведены в следующие группы:

– нарушения правил организации и производства работ, а также правил маневрирования и движения машин (несоответствие скорости движения конкретным условиям – превышение скорости, отсутствие проверенного и заранее намеченного безопасного маршрута движения и др.);

– потеря оператором бдительности (снижение внимания и несвоевременные действия по обеспечению мер предосторожности в результате переутомления, недостаточной квалификации, неопытности и т. п.);

– технические неисправности транспортных агрегатов, несоблюдение инструкций по их подготовке к работе (транспортные работы машины с установкой колес на узкой колее и с высоким дорожным просветом, неисправность рулевого управления, увеличенный зазор в сцепном устройстве, нарушение балластировки – размещения грузов и др.).

Рассмотрим основные зависимости при работе мобильной техники в неблагоприятных условиях с возможностью опрокидывания на примере тракторов, часто используемых в указанных условиях.

Аналитические данные по наиболее характерным причинам опрокидывания МТА по условиям их работ сведены в таблицу 2.3 и по условиям движения – в таблицу 2.4.

Таблица 2.3

Анализ опрокидывания МТА по условиям и виду работы

Условия и вид работы	Причины опрокидывания	В % от всех случаев
1	2	3
1. Работа поперек склона	Большой крен агрегата	5
	Сползание колес (гусениц) в борозду с последующим боковым опрокидыванием в результате динамического удара	13

1	2	3
	Попадание колес (гусеницы), расположенных вниз по склону, в углубление, наезд на неровность колес (гусеницы), расположенных вверх по склону	6
	Сползание слабо натянутой гусеницы	5
2. Подтягивание хлыста лебедки трелевочного трактора, трелевка	Наличие угла между линией троса и осевой линией трактора, что создало дополнительный опрокидывающий момент	6
	Большой крен трактора при подтягивании хлыста в гору	4
3. Опрокидывание в момент выглубления плуга на повороте	Динамический рывок	4
4. Крутой поворот или переезд трактора с навесным орудием или трелевочного трактора с пакетом хлыстов на косогоре при подъеме в гору	Недостаточная устойчивость агрегата, действие инерционных сил. Действие веса хлыстов на трелевочный трактор в поперечном направлении	20
5. Уплотнение гусеничным трактором силосной массы	Проваливание или скольжение одной из гусениц	5
	Сбрасывание гусеницы с натяжного колеса силосной массой, набившейся в колесо	5
	Большой крен	15
6. Прочие случаи	Переключение передач при подъеме или спуске, потеря управляемости и др.	12

Таблица 2.4

Анализ опрокидывания тракторов по условиям движения

Условия движения	Причины опрокидывания	В % от всех случаев	
		Трактор	Трактор с прицепом
1	2	3	4
1. Подъем по дороге с сухим покрытием	Самопроизвольное выключение передачи; попытка переключить передачу, остановка двигателя с последующим скатыванием трактора (поезда) назад и продольным (поперечным) опрокидыванием	19	16
	Самопроизвольное скатывание при остановке в результате недостаточных тормозных качеств	21	19
2. Крутой поворот с повышенной скоростью на грунтовой дороге с сухим покрытием (ровный горизонтальный участок)	Недостаточная устойчивость трактора	16	–
	Потеря управляемости в результате воздействия прицепа с последующим заездом по инерции в канаву (канал)	–	16
	Занос трактора прицепом при торможении трактора и отсутствии тормозов на прицепе	–	12
3. То же, но дорога покрыта льдом (снегом, грязью)	Недостаточная устойчивость трактора; занос трактора прицепом происходит и при наличии тормозов на прицепе в результате их недостаточно эффективной работы или при запаздывании срабатывания тормозоприцепа	16	7

Окончание табл. 2.4

1	2	3	4
4. Переезд через ручей, реку, овраг, промоину	Динамический удар по передним колесам; падание колес одной стороны в углубление или наезд на неровность	21	15
5. Опрокидывание при трогании с места	Резкое включение муфты сцепления, динамическое воздействие груженого прицепа	–	3
6. Прочие	–	7	12

Предельный статический угол поперечного уклона – это наибольший угол уклона, на котором машина (трактор) может стоять, не опрокидываясь набок и не сползая вниз.

Угол поперечного уклона, на котором машина (трактор) начинает опрокидываться, обозначим  $\beta_{пр}$ , а угол, на котором она начинает сползать –  $\beta_{ф}$ .

Угол  $\beta_{пр}$  можно определить из условия, что опрокидывание начинается, когда нормальная реакция почвы  $Y'$  на колеса, расположенные в верхней части уклона, снизится до нуля.

Уравнение моментов относительно возможной оси опрокидывания имеет вид:

$$G_3 h_{цт} \sin \beta_{пр} - 0,5 B G_3 \cos \beta_{пр} = 0, \quad (2.45)$$

где  $G_3$  – масса трактора;

$h_{цт}$  – вертикальная координата центра тяжести трактора;

$B$  – ширина колеи трактора.

Откуда:

$$\operatorname{tg} \beta_{пр} = 0,5 B / h_{цт}. \quad (2.46)$$

При получении этих формул принято, что центр тяжести трактора находится в продольной плоскости симметрии его колес.

На поперечную устойчивость колесных тракторов дополнительно влияет качающаяся передняя ось, которая может поворачиваться в вертикальной поперечной плоскости на некоторый ограниченный угол относительно остова. Вследствие этого при боковом крене трактора остов его сначала поворачивается вокруг шарнира перед-

ней оси, и только после упора в ограничители опрокидывание продолжается по схеме, принятой в расчете. Если учесть также разную деформацию шин колес, расположенных на противоположных сторонах трактора, то, согласно опытным данным, значения предельных статических углов поперечной устойчивости будут снижены на 6–10° по сравнению с расчетными.

Колесные тракторы имеют, как правило, регулируемую ширину колеи. С изменением колеи изменяются значения предельных статических углов поперечного уклона, которые для четырехколесных тракторов находятся в пределах 40–50°.

Для определения статического угла  $\beta_\phi$  поперечного уклона, на котором возможно сползание трактора, заменим угол  $\beta_{пр}$  на  $\beta_\phi$ . Составив уравнение проекций всех сил, действующих в поперечной плоскости на ось, параллельную поверхности пути, получим:

$$G_3 \sin \beta_\phi = z' + z'' = \varphi_z (Y' + Y'') = \varphi_z G_3 \cos \beta_\phi, \quad (2.47)$$

где  $z'$ ,  $z''$  и  $Y'$ ,  $Y''$  – боковые и нормальные реакции дороги на колеса трактора;

$\varphi_z$  – коэффициент сцепления движителя с дорогой в боковом направлении.

Отсюда следует, что  $\operatorname{tg} \beta_\phi = \varphi_z$ .

Практически опрокидывание без бокового скольжения бывает очень редко.

Особое значение приобретают вопросы устойчивости агрегата при работе на склонах. В этих случаях на боковую устойчивость трактора существенно влияют динамические явления, возникающие при движении по неровной дороге. По имеющимся данным, боковое опрокидывание трактора часто возникает из-за микронеровностей поверхности пути. Опрокидыванию подвержены главным образом колесные тракторы.

Угол бокового уклона поверхности пути, на котором возможно опрокидывание трактора при наличии динамических факторов, называют динамическим углом боковой устойчивости и обозначают  $\beta_{дин}$ .

По данным исследований:

$$\beta_{дин} = (0,4-0,6)\beta_{пр}, \quad (2.48)$$

где  $\beta_{пр}$  – угол, определяющий статическую поперечную устойчивость трактора на данном уклоне дороги.

Чем выше скорость движения, тем интенсивнее действие динамических факторов и снижение боковой устойчивости. Для увеличения боковой устойчивости колесных тракторов заводскими инструкциями предусматривается расстановка колес на возможно более широкую колею при выполнении транспортных работ и при работе на склонах. В этих условиях требуется особая осторожность и аккуратность в вождении трактора.

Обычные тракторы, не оборудованные специальными приспособлениями для предупреждения опрокидывания, могут работать на склонах крутизной до 10°. Для работы на более крутых склонах (до 20°) созданы крутосклонные модификации тракторов.

При криволинейном движении на поперечную устойчивость трактора существенно влияют возникающие инерционные силы.

Рассмотрим простейший случай поворота колесного трактора на горизонтальном участке с установившейся скоростью и постоянным радиусом вращения вокруг центра поворота. Допустим, что центр поворота расположен в точке пересечения геометрических осей всех колес трактора. При повороте возникает результирующая центробежная сила  $P_{ц}$ , приложенная к центру тяжести трактора и направленная по радиусу от центра поворота.

Ее определяют по формуле:

$$P_{ц} = \frac{G_3 \omega_n^2 R_{цт}}{g}, \quad (2.49)$$

где  $\omega_n$  – угловая скорость вращения трактора вокруг центра поворота;  
 $R_{цт}$  – радиус поворота центра тяжести трактора.

Разложим силу  $P_{ц}$  на две составляющие, действующие в продольной и поперечной плоскостях трактора. Первая из них вызывает перераспределение нормальных нагрузок между передними и задними колесами, а вторая стремится опрокинуть трактор набок.

Поперечная (боковая) составляющая центробежной силы:

$$P'_{ц} = P_{ц} \cos \gamma_{ц} = \frac{G_3}{g} \omega_n^2 R_{цт} \cos \gamma_{ц} = \frac{G_3 \omega_n^2 R}{g} = \frac{G_3}{g} \cdot \frac{v^2}{R}, \quad (2.50)$$

где  $\gamma_{ц}$  – угол наклона результирующей центробежной силы к поперечной плоскости;

$v$  – средняя скорость трактора в процессе поворота;

$R$  – радиус поворота.

Распределение числа погибших и травмированных в животноводстве

Животноводство	Уровень травматизма со смертельным исходом, % от общего числа	Уровень травматизма с тяжелым исходом, % от общего числа
Молочное стадо КРС	52,53	53,17
Молодняк КРС	6,77	11,75
Свиноводство	5,72	6,71
Птицеводство	5,13	6,71
КРС на откорме	4,80	2,97
Овцеводство	2,17	2,29
Коневодство	2,17	14,34
Другие виды деятельности	20,71	2,06
Итого	100,00	100,00

Травматизм со смертельным и тяжелым исходом в животноводстве не имеет ярко выраженного сезонного характера. Однако установлено, что в летний и зимний периоды число травмированных немного превышает весенние и осенние показатели.

Анализ несчастных случаев со смертельным исходом показал, что в результате травмирования от быков-производителей погибли 8,7 % работников. Например, в Республике Беларусь в 2009 году погибли 3 животновода в результате нападения быков (Петриковский, Чаусский, Лоевский районы). Основные причины, из-за которых быки становятся неукротимыми и злобными, а вследствие чего и наносят травмы работникам – это в первую очередь нарушения правил содержания, нерегулярное проведение или даже отсутствие моциона, грубое и неумелое обращение с животными, резкие окрики и побои, особенно в манеже. При неправильной технике получения семени нередко у быков появляются болевые ощущения, что приводит к возникновению у них оборонительных рефлексов. Оборонительные рефлексy у быка проявляются также тогда, когда работник после прогулки быка или получения семени переводит его в стойло. Больше всего травм со смертельным исходом было получено работниками, труд которых непосредственно связан с обслуживанием быков-производителей. Полученные травмы в основном множественные.

Одна из травмоопасных операций при обслуживании быков-производителей – это привязывание (отвязывание), фиксация быка при

С увеличением скорости движения и уменьшением радиуса поворота центробежная сила резко возрастает и может превысить все прочие боковые силы, действующие на трактор.

С точки зрения динамической боковой устойчивости наиболее опасен разворот трактора, работающего поперек крутых склонов, в направлении к верхней части склона. В этих условиях составляющая  $P'_{ц}$  центробежной силы, параллельная поверхности уклона, направлена вниз по уклону и суммируется с боковой составляющей веса трактора  $G_s \sin \beta$ . Чем меньше угол  $\beta_{пр}$ , характеризующий поперечную устойчивость трактора, чем больше скорость движения и меньше радиус поворота, определяющие значение силы  $P'_{ц}$ , тем опаснее поворот в указанных условиях.

Максимально допустимую (критическую) скорость движения трактора в этих условиях определяют по формуле:

$$v_{доп} \leq \sqrt{gR \frac{\operatorname{tg} \beta_{дин} - \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \beta_{дин} \operatorname{tg} \beta}}, \quad (2.51)$$

где  $\beta$  – угол уклона дороги.

Для контроля над углом склона и предупреждения тракториста о возникающей опасности на тракторах, работающих на склонах, следует устанавливать сигнализаторы крена, работа без которых недопустима. Максимальная допустимая скорость трактора при развороте на склоне должна быть не более 0,8–1 м/с (I передача).

#### 2.4. Исследование системы «человек – машина – животноводческая среда»

По данным международных и отечественных источников, больше половины несчастных случаев со смертельным исходом происходит с работниками, обслуживающими молочное стадо крупного рогатого скота, что составляет 52,5 % от общего числа погибших при производстве продукции животноводства (табл. 2.5). При обслуживании молодняка крупного рогатого скота погибли 6,8 % работников. В коровниках погибло 12,4 %, на участках выпаса, перегона животных и летних лагерях – 11,4 %, на территории у коровников – 7,2 %.

помощи палки-водила за носовое кольцо для его вывода из стойла на взятие семени, для проведения моциона и т. д. При проведении этой операции работник находится в непосредственной близости от головы быка, т. е. в опасной зоне, образуемой головой животного (рис. 2.4). Во время фиксации быка за носовое кольцо он головой или рогами может нанести смертельную или тяжелую травму работнику.

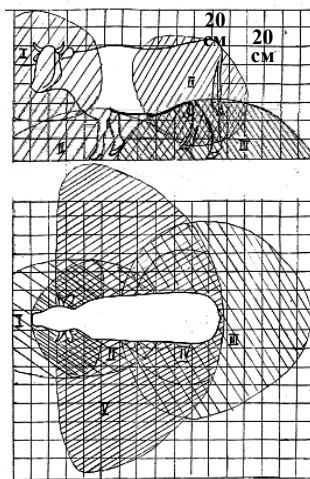


Рис. 2.4. Опасные зоны, образуемые быком-производителем:  
I – 60 см (движение головой); II-III – 135 см (движение ног);  
IV – 105 см (движение хвоста); V – 170 см (движение туловища)

Установлено, что наибольшее число несчастных случаев происходит из-за неудовлетворительной организации труда. По этой причине погибло 65,7 % работников отрасли от общего числа погибших за пятилетний период.

Наиболее частыми нарушениями требований охраны труда являются: отсутствие контроля со стороны руководителей над соблюдением производственной дисциплины – 26,5 % погибших; отсутствие контроля со стороны руководителей над безопасным проведением производственного процесса – 14,7 %; допуск к работе лиц, не имеющих соответствующей подготовки по безопасности труда – 7,7 %; нарушение требований к размещению и содержанию животных – 6,8 %; допуск к работе лиц, не имеющих соответствующей

профессиональной подготовки, – 2,5 %; нарушение требований к производственным помещениям и площадкам – 1,7 %; отсутствие средств индивидуальной защиты – 1,0 %.

Самую большую группу среди тяжело травмированных составляют рабочие, выполняющие работу при машинах и механизмах, удельный вес таких рабочих составляет 34,2 %.

Как и в случаях с летальным исходом, основной причиной травмирования с тяжелым исходом является неудовлетворительная организация трудового процесса, что привело к травмированию 66,3 % работников от общего числа тяжело травмированных, в том числе: отсутствие контроля со стороны руководителя работ над безопасным выполнением производственного процесса – 19,0 % тяжелых травм от общего числа травмированных; допуск к работе лиц, не имеющих соответствующей подготовки по безопасности труда, – 14,6 %; отсутствие контроля со стороны руководителя работ над соблюдением трудовой дисциплины – 8,2 %; нарушение требований к размещению животных – 7,6 %; нарушение требований к производственным площадкам и помещениям – 6,9 %; допуск к работе лиц, не имеющих соответствующей профессиональной подготовки, – 2,4 %; отсутствие средств индивидуальной защиты – 1,6 %; отсутствие инструкций по охране труда – 1,4 % и другие нарушения организации трудового процесса.

Установлено, что большинство из травмированных работников животноводства не обучалось требованиям охраны труда. При сопоставлении несчастных случаев среди механизаторов и животноводов видно, что обучением животноводы охвачены меньше, чем механизаторы, однако качество обучения животноводов выше, чем механизаторов, так как в первый месяц после обучения они имеют значительно меньший процент травм в сравнении с механизаторами.

В ходе проверок Государственной инспекции труда на сельхозпредприятиях установлено, что основными видами нарушений требований охраны труда в АПК продолжают оставаться: неудовлетворительная организация безопасного производства работ, в т. ч. невыполнение правил безопасности при эксплуатации технологического оборудования; отсутствие обучения охране труда; эксплуатация оборудования, не отвечающего требованиям охраны труда; нарушение технологий при ведении производственных процессов; несоблюдение обязательных для работодателей правил и норм по охране труда.

Практически все вышеперечисленные нарушения норм и правил по охране труда присущи организациям, где отсутствует специалист



(служба) по охране труда и соответствующие функции возложены на отдельных специалистов в дополнение к их основным служебным обязанностям. На должность инженера по охране труда – ведущей фигуры в организации обучения по охране труда часто назначают работников не только со среднетехническим образованием, но и со средним, чем нарушаются основные законы и принципы обучения по охране труда, что незамедлительно сказывается на отношении обучаемых к охране труда, уровне травматизма.

Формирование фактора травмирования и воздействие его на человека подготавливаются целой системой других факторов. Системный подход позволяет внедрить весьма эффективный с точки зрения установления истинных причин и обстоятельств несчастного случая метод расследования на основе анализа сетевой модели травмирования. Этот метод позволяет с большой достоверностью установить путь проникновения травматизма в данное конкретное производство и наметить действительно эффективные мероприятия по борьбе с травматизмом.

Анализируя события, предшествовавшие несчастному случаю, можно видеть, что часть из них по своему протеканию во времени и пространстве четко предопределена. Например, транспортирование и выдача корма животному, вывод на взятие семени происходят по заранее намеченному алгоритму, т. е. четко регламентированы. Назовем эти события детерминированными.

В отличие от них вероятностные события носят случайный характер. К таким событиям можно отнести: падение на мокром полу, поломка палки-водицы, появление травмирующих предметов, пренебрежение выполнением отдельных требований инструкции по охране труда, неожиданные действия животного.

Детерминирование, упорядочивание событий, сопутствующих производственному процессу, в значительной степени снижает опасность травматизма. Если принять за критерий безопасности вероятность благополучного (без несчастного случая) выполнения оператором (работником) программы в течение всей рабочей смены, то его можно выразить формулой:

$$P_0 = 1 - \sum_i \sum_j \sum_k (P_{н.с})_{i,j,k}, \quad (2.52)$$

где  $(P_{н.с})_{i,j,k}$  – вероятность возникновения несчастного случая на  $i$ -м этапе выполнения рабочей программы, связанном с использованием  $j$ -й системы средств на  $k$ -м производственном участке.

В свою очередь вероятность возникновения несчастного случая в данный момент времени зависит от возможности попадания человека под влиянием внешних условий в опасную зону на данном участке и от наличия и эффективности защитных средств:

$$P_{н.с} = P_{п} - P_{заш.} \quad (2.53)$$

где  $P_{п}$  – вероятность попадания человека или частей его тела в опасную зону;

$P_{заш.}$  – вероятность безотказного срабатывания защитных средств.

Анализируя эту формулу, можно увидеть, что несчастный случай будет исключен на данном производственном участке, если  $P_{заш.} > P_{п}$ , т. е. в случае надежного срабатывания защитных средств при контакте человека с опасной зоной. Весомость вероятности несчастного случая  $(P_{н.с})_i$  зависит от времени действия человека вблизи опасной зоны, т. е.:

$$\sum \sum \sum (P_{н.с}) = P_{н.с} \cdot k_1 + P_{н.с} \cdot k_2, \quad (2.54)$$

где  $k = t_{оп}/T$  – коэффициент травмоопасных ситуаций;

$t_{оп}$  – продолжительность нахождения человека в опасной и локально опасной зонах (А, Б);

$T$  – продолжительность рабочего цикла.

Совершенствуя технические средства защиты для каждого травмоопасного фактора, можно локализовать источник опасности исключением возможности попадания в него человека или обеспечением прекращения его действия в случае проникновения человека в опасную зону.

Установлено, что наиболее травмоопасными процессами молочного скотоводства являются: приготовление и раздача кормов, доение коров, обслуживание быков-производителей.

Животные создают в среде своего обитания специфическую зону риска для обслуживающего персонала наличием травмирующих органов, массой тела, агрессивностью, общими с человеком заболеваниями.

Состояние системы, а также каждого входящего в нее элемента характеризуется некоторым числом независимых переменных, которые могут принимать любые значения. Этими переменными могут быть разные физические, химические или механические факторы. Для простоты решения задач будем состояние системы харак-

теризовать несколькими входными параметрами  $X(t)$  и одним выходным  $Y(t)$ , рис. 2.5.

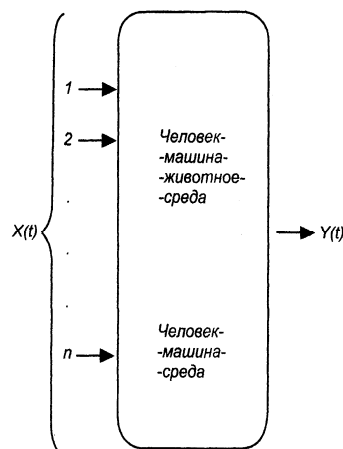


Рис. 2.5. Структурная схема системы:

1, 2, ..., n – номера входных параметров;  $X(t)$  – функция входного параметра;  
 $Y(t)$  – функция выходного параметра (состояние здоровья, уровень риска, вероятность случая)

В качестве входных параметров (факторов) могут быть факторы, источниками которых являются человек, машина, животное, среда. Выходной величиной могут быть: состояние здоровья человека, уровень риска, вероятность случая. В роли причин могут оказаться правильные или неправильные действия человека, работающего в системе. Причем правильное действие может быть точным или неточным (способным вызвать риск). Правильные действия работающего должны закладываться при проектировании машин и технологий. Тогда система будет работать с жесткими связями. Если жесткие связи не заложены при проектировании, то безопасные условия работы человека должны приобретаться путем обучения.

Изменения параметров, влияющих на человека, обычно описываются дифференциальными уравнениями, в которых следует точно описывать поведение параметров системы.

Уравнения отдельных параметров составляются на основе тех физических законов, которые характеризуют изменения количественных и качественных свойств параметров.

Состояние системы рассматривается как свойство свободного изменения ее факторов после начального отклонения, вызванного любыми причинами, тогда уравнение возможного отклонения будет:

$$\frac{dx_i}{dt} = \Phi_i(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2.55)$$

При этом состояние системы, соответствующее безопасному, будет при  $X_i = 0$ . Переменные факторы  $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) являются координатами состояния системы в отклонениях.

Математическое определение понятия безопасности формулируется следующим образом.

Состояние матрицы при  $X_i^x(t) = 0$  называется безопасным, если при заданном (нормированном)  $\varepsilon > 0$ , сколь бы оно мало ни было, существует еще более малое  $\delta > 0$ , зависящее от  $\varepsilon$ , что при начальных условиях

$$|X_i(t_0)| < \delta, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.56)$$

в дальнейшем изменении ( $t_0 < t < \infty$ ) выполняется условие безопасности:

$$|X_i(t)| < \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2.57)$$

Состояние системы  $X_i^x = 0$  будет опасным, если указанное условие не выполняется хотя бы для одного отклонения  $X_i$ .

Если же  $X_i(t) \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow \infty$ , после любых начальных отклонений, то система будет безопасной всегда (абсолютно безопасной). Однако это не означает, что будут безопасны и все процессы в системе, так как свойства составляющих системы меняются с изменением времени.

Безопасность в технологических процессах, машинах, применяемых в сельском хозяйстве, можно рассматривать как сочетанное действие случайностей и закономерностей, и она может описываться математическими моделями во всех их проявлениях и особенностях.

Отличительной особенностью общей классификации средств защиты животноводов является то, что она включает в себя все средства, предусмотренные для системы «человек – машина», а также средства и способы защиты, специфические для системы «человек – машина – животное – среда». Применительно к живот-

новодству средства и способы защиты подразделяются на 8 подклассов (безопасность процесса, безопасность машины, безопасность животного, оптимальные условия труда, квалификация работника, производственный стаж, психологическое состояние, обеспеченность средствами индивидуальной защиты).

Предлагается дополнить данную классификацию 9-м способом защиты: «защита обучением», т. е. обучение работников безопасным приемам выполнения работ. Этот способ должен включать в себя: использование правил и инструкций по охране труда; введение всех видов инструктажей; проведение дополнительного обучения.

Организация работы по охране труда должна сводиться к обучению работников и направлена на разработку организационно-технических мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Стратегия подготовки работников животноводства по вопросам охраны труда заключается в установлении объема подготовки в зависимости от его категории. Для оптимизации этого процесса производится адаптация среды обучения к требуемому уровню подготовки.

С целью учета категорий персонала введен параметр  $T$ , который определяет время достижения требуемого состояния  $T_{\text{п}}$ , или время усвоения необходимого объема знаний при контроле  $T_{\text{к}}$ .

Для этих целей используется математическая модель, представляющая персонал в виде двухрежимного объекта управления. Исследуемые процессы описаны в виде дифференциальных уравнений с неопределенными коэффициентами:

$$y'(t) = \begin{cases} T_0^{-1}U(t) - T_0^{-1}y(t), & 0 < U(t) - y_0 \leq U_{\text{пнт}}; \\ 0, & U(t) - y_0 > U_{\text{пнт}}; U(t) - y_0 < 0 \end{cases} \quad (2.58)$$

$$y'(t) = \begin{cases} T_{\text{к}}^{-1}U(t), & y \geq U_{\text{тj}}; \frac{y(t)}{T_{\text{к}}^{-1}U(t)} \neq 1; \\ 0, & y < U_{\text{тj}} \end{cases}, \quad (2.59)$$

где  $T_0$  и  $T_{\text{к}}$  – коэффициенты, отражающие категорию персонала;  
 $y_0$  – начальный уровень знаний персонала;  
 $U(t)$  – управляющее воздействие (обучающий материал, тексты);

$U_{\text{пнт}}$  – пороговый уровень сложности обучающего материала, который персонал способен воспринимать;

$U_{\text{тj}}$  – минимальный уровень сложности материала для тестирования;

$y(t)$  – имеющийся уровень подготовки.

Значения  $y_0$ ,  $U(t)$ ,  $U_{\text{пнт}}$ ,  $U_{\text{тj}}$  измеряются в байтах, а  $T_0$  и  $T_{\text{к}}$  – в секундах.

Анализ модели показывает, что она содержит неопределенные параметры  $T_0$  и  $T_{\text{к}}$ . Для оценки их значений в процессе управления введена динамическая идентификация в реальном масштабе времени в темпе с процессом управления.

В режиме проверки качества подготовки:

$$U(t) = \frac{\hat{y}(t + \Delta t) - y(t)}{\Delta t \beta(t)}, \quad (2.60)$$

где  $\beta(t)$  – динамическая оценка параметра  $T_{\text{к}}$  (обратная  $T_{\text{к}}$ ), определяемая из выражения:

$$\beta(t) = \frac{y(t) - y(t - \Delta t)}{\Delta t U(t - \Delta t)}, \quad (2.61)$$

$$\hat{y}(t) = \left\{ U_i t \gamma_i, \quad t_i \leq t \leq t_{i+1}, \quad i = \overline{1, n} \right\}, \quad (2.62)$$

где  $\gamma = 1/T_{\text{к}}$ .

Алгоритм работы системы имеет следующий вид:

1. Строится априорная траектория управления. Первоначальные значения коэффициентов  $T_0$  и  $T_{\text{к}}$  определяются на основе результатов контроля знаний, а также статистической обработки предыдущих результатов обучения.

2. В ходе процесса подготовки определяется управляющее воздействие  $U(t)$  (объем учебного материала в зависимости от подготовленности персонала) по формуле (2.60);

3. После каждого этапа обучения проверяется выполнение условия  $\hat{y}(t + \Delta t) > y(t)$ . В случае его невыполнения производится динамическая оценка параметров  $T_0$  и  $T_{\text{к}}$  и рассчитывается новая траектория подготовки персонала.

В ходе проверки качества подготовки значение  $y(t)$  может определяться двумя способами:

1. Знания работников оцениваются по трехбалльной системе, и обучаемому выставляется оценка  $C$  ( $C = 2, 4, 5$ ). В этом случае:

$$y(t) = \frac{C-2}{3}U(t). \quad (2.63)$$

2. Знания обучаемого оцениваются путем проведения тестирования, при этом:

$$y(t) = \frac{\bar{N}}{N}U(t), \quad (2.64)$$

где  $N$  – общее число заданных вопросов;

$\bar{N}$  – число вопросов, на которые обучаемый дал правильные ответы.

Таким образом, адаптация производится по двум параметрам – состоянию знаний обучаемого и скорости усвоения материала (варьируются следующие параметры: объем учебного материала и длительность его показа, а также время и степень контроля обучаемого).

Оценкой эффективности работы обучающей системы является критерий ожидаемого значения среднего балла  $K_T$ , который вычисляется по формуле:

$$K_T = \frac{2K_2 + 3K_3 + 4K_4 + 5K_5}{n}, \quad n = K_2 + K_3 + K_4 + K_5, \quad (2.65)$$

где  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5$  – количество проверяемых, получивших оценки «не знает», «знает плохо», «знает удовлетворительно», «знает хорошо», «знает отлично»;

$n$  – общее число контролируемых.

Сравнивая полученное значение  $K_T$  с фиксированным значением  $K_T^{жтСТ}$  (заданный критерий), можно судить об эффективности работы системы.

Преподаватель по охране труда должен научить обучаемых тому, что знает и умеет сам, что требуют инструкции, санитарные нормы, правила, ССБТ. Для педагогического мастерства нужны не только высокие профессиональные знания, не только высокий уровень умений выполнять безопасные приемы работы, но и знания педагогики, психологии, методики обучения.

Предлагается ввести критерий содержательности преподавателя, который должен быть выражен в виде следующей множественной модели:

$$P_s = F\{Z_{с.п} : U_{с.п} : \varphi(Z_i : U_i) : S_p(P_i)\}, \quad (2.66)$$

где  $Z_{с.п}$  – функция многих переменных – специальных ( $C_Z$ ) и педагогических ( $\Pi_Z$ ) знаний:

$$Z_{с.п} = C_Z \cdot \Pi_Z \begin{pmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \vdots \\ \omega_n \end{pmatrix} \quad \text{– класс показателей знаний преподавателя;}$$

$U_{с.п}$  – функция многих переменных – специальных ( $C_U$ ) и педагогических ( $\Pi_U$ ) умений^

$$U_{с.п} = C_U \cdot \Pi_U \begin{pmatrix} \gamma_1 \\ \vdots \\ \gamma_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_n \end{pmatrix} \quad \text{– класс показателей умений преподавателя;}$$

$\varphi(Z_i : U_i)$  – функция обобщения, определяет степень связи элементов  $Z_i$  ( $Z_i \in Z$ ) и  $U_i$  ( $U_i \in U$ ) на множество элементов  $Z$  и  $U$ ;  
 $S_p(P_i)$  – функция выбора правильного решения  $P_i$  на множества возникающих решений при  $i$  ситуации  $S$ :

$$P_i \rightarrow \frac{d_i l_i}{n_i g_i} : d_i \in D : l_i \in L : n_i \in N : g_i \in G, \quad (2.67)$$

где  $d_i$  – метод обучения;

$l_i$  – цели обучения;

$n_i$  – показатель условий среды, в которой ведется обучение;

$g_i$  – показатель состояния обучаемого.

Использование данного критерия позволяет определить содержательность преподавателей на всех уровнях и при всех формах обучения.

Для получения исходных данных использовались: материалы расследования причин производственного травматизма со смер-

тельным исходом, связанные с недостатками обучения; квалификационные характеристики и положение о работе по охране труда; программная документация и технические средства обучения; опыт обучения по охране труда в сельскохозяйственных организациях.

Общее количество актов Н-И и материалов рассмотрения несчастных случаев  $N$ , необходимое для получения достоверных результатов, можно определить по упрощенной формуле.

При допустимой ошибке окончательных результатов  $S = 10\%$ :

$$N = 400 \left( \frac{1-P}{P} \right), \quad (2.68)$$

где  $P$  – приблизительный удельный вес элемента наблюдения.

Для выбора репрезентативных сельскохозяйственных предприятий можно применить метод экспертной оценки.

Оценке экспертов подвергались факторы, обеспечивающие (косвенно характеризующие) качество обучения и инструктирования по охране труда.

При оценке средней степени согласованности ответов экспертов целесообразно использовать коэффициент конкордации и на основании полученных сумм рангов построить гистограмму и полигон степени влияния отображенных факторов на качество обучения.

Для оценки значимости коэффициентов конкордации используется критерий  $\chi^2$  (критерий Пирсона), который подчиняется распределению с числом степеней свободы  $n - 1$ :

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} mn(n+1)}. \quad (2.69)$$

Уровень обучения охране труда в хозяйствах оценивался по следующим данным: наличие приказов о проведении обучения по охране труда, с указанием сроков проведения обучения, места, дней и часов занятий; количество специалистов, работников (по отраслям), ответственных за учебный процесс, состав экзаменационной комиссии; наличие кабинетов по охране труда, их оснащенность; наличие уголков по охране труда; наличие учебных планов и программ обучения, методических разработок по тематике, тексты по вводному и другим инструктажам; обеспеченность литературой, плакатами, памятками, инструкциями,

техническими средствами обучения; наличие учетно-отчетной документации (журналы проведения занятий по обучению, экзаменационные ведомости, журналы регистрации инструктажей); уровень работы по вопросам обучения охране труда; состояние контроля над учебным процессом.

При обобщении опыта и оценке влияния качества обучения охране труда, инструктажа на профилактику производственного травматизма использовались следующие методы: метод моментных наблюдений; метод собеседования и анкетирования в сочетании с анализом документации и состояния обучения в репрезентативных хозяйствах.

При использовании второго из методов круг экспертов можно ограничивать передовыми работниками животноводства и ведущими специалистами хозяйства.

## 2.5. Механические средства защиты от травмирования

Возможны два направления в решении технических задач обеспечения безопасности. Первый путь связан с устранением или уменьшением влияния причин, которые создают факторы опасности. Это может быть достигнуто заменой потенциально опасных производственных или технологических процессов на безопасные или менее опасные. Например, замена ударных процессов безударными позволяет исключить опасный режим работы в виде ударов, устраняется, таким образом, опасная зона удара. Второе направление включает комплекс мероприятий, предотвращающих воздействие опасных факторов на человека (пассивная защита). Оно обеспечивается организацией производственного процесса, конструкцией оборудования и приспособлений, удалением от зон опасных и вредных факторов. Если полностью не удастся решить вопросы обеспечения безопасности условий труда работающих, то в дополнение используются средства индивидуальной защиты (каска, очки, респираторы и др.).

Средства защиты, используемые в конструкциях оборудования и машин для обеспечения безопасности, должны быть доступными для технического обслуживания и ремонта. В некоторых случаях средства защиты могут быть дополнены устройствами автоматического контроля их действия. Средства защиты должны быть приведены в готовность до начала производственного процесса, или они должны быть устроены так, чтобы выполнение рабочего процесса

было невозможно при отключенных средствах защиты либо при их неисправности. Защитные устройства должны срабатывать при возникновении опасности и не должны прекращать своего действия раньше, чем прекратится действие опасного или вредного производственного фактора. При отказе в работе отдельных элементов защитного устройства не должны прекращаться защитное действие других средств защиты или возникать какая-либо дополнительная опасность.

В качестве средств защиты на оборудовании, машинах и сельскохозяйственной технике используются оградительные, предохранительные, блокировочные, тормозные, сигнализирующие устройства; системы дистанционного управления и контроля. В определенной степени этому способствуют цвета безопасности, предупредительные надписи и плакаты.

**Оградительные устройства.** Ограждение опасных зон широко используется для обеспечения безопасности как на стационарных, так и на мобильных объектах. Они создают преграду между человеком и опасным фактором, надежно предохраняют работающего в тех ситуациях, когда в силу каких-то обстоятельств он мог попасть в опасную зону. Ограждения выполняют роль защиты при отлетании стружки, искр, инструмента, заготовок, при обрыве цепных, карданных и других приводов.

Постоянные ограждения часто являются неотъемлемой частью машин, механизмов. Конструктивно они могут быть как неподвижными, так и подвижными. Неподвижные ограждения могут быть сняты только на период ремонта или технического обслуживания, когда механизм не работает и не представляет опасности. Основное преимущество таких ограждений – невозможность проникновения в опасную зону; недостаток – возможные ограничения видимости зоны.

Подвижные оградительные устройства можно легко снять или отвести в сторону при необходимости выполнения вспомогательных операций (смены рабочего инструмента, измерения обрабатываемого изделия, регулировок и т. д.). Применение таких ограждений допускается лишь в тех случаях, когда по конструктивным соображениям невозможна (или нецелесообразна) установка неподвижного ограждения.

В качестве временных оградительных устройств применяют переносные щиты, ширмы, экраны и т. п. Примером такого типа устройств могут служить: ограждение рабочего места сварщика для

защиты окружающих от воздействия отлетающих искр, излучений и сварочной дуги; ограждение ям, траншей, колодцев при производстве земляных, ремонтных или монтажных работ.

Ограждения могут быть выполнены в виде литых или сварных кожухов, решеток, щитов, сеток на жестком каркасе. Если не требуется наблюдений за работой механизмов, то ограждения опасных зон могут быть сплошными – из металла, пластмассы, дерева. Когда же требуется наблюдение за работой механизмов, оборудования, то ограждения выполняют в виде решеток, сеток или делают сплошными из прозрачного материала. Ограждения с отверстиями диаметром  $d$  должны удовлетворять следующим условиям:

– при  $x > 60$   $d \leq x/10$ ;

– при  $x \leq 60$   $d \leq 6$ ,

где  $d$  – диаметр отверстия, мм;

$x$  – расстояние от движущихся или нагретых деталей до ограждения, мм.

При отверстиях в виде многоугольников вписываемые в них окружности должны удовлетворять тем же условиям, а любые диагонали многоугольников не должны превышать удвоенного диаметра.

Ограждения движущихся частей оборудования должны выполняться, как правило, из сплошного материала, но допускается (за исключением стационарных) изготовление их в виде решеток и сеток с ребрами жесткости. Размеры ячеек или щелей в сетчатом ограждении выбирают по данным табл. 2.6.

Таблица 2.6

Допустимые размеры отверстий или щелей в ограждениях

Расстояние от ограждения до опасной зоны, мм	0–500	500–800	>800
Допустимый размер отверстий или ширина щели, мм	0,1–5	55	150

Оградительные устройства должны иметь достаточно жесткую конструкцию, чтобы выдерживать случайные нагрузки со стороны обслуживающего персонала. Ограждения, закрывающие части оборудования, при поломке которых могут вылетать осколки и отдельные детали, должны иметь прочность, не допускающую вылета этих элементов. Сплошные ограждения, толщину стенок которых находят по указанному методу, могут быть заменены сетчатыми или решетчатыми после соответствующего расчета конструкции

ограждения в зависимости от характера нагрузки (растяжение, изгиб, срез).

Для ограждений станков и элементов конструкций животноводческих ферм расчетное усилие, развиваемое животным, Н:

$$F = 40m_{\text{ж}},$$

где  $m_{\text{ж}}$  – масса животного, кг.

В общем случае условие прочности ограждающего щитка может быть определено из выражения:

$$m_{\text{ч}}V_{\text{ч}}^2 = \frac{[\sigma]^2 l S g}{9E}, \quad (2.70)$$

где  $m_{\text{ч}}$  – масса отлетающих частей, кг;

$V_{\text{ч}}$  – скорость частиц, м/с;

$[\sigma]$  – допустимое напряжение на изгиб для материала щитка, Н/м<sup>2</sup>;

$l$  – длина ограждающего щитка, м;

$S$  – поперечное сечение щитка, м<sup>2</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$E$  – модуль упругости материала щитка, Н/м.

При разрыве абразивного круга стенки ограждающего щитка должны выдерживать удар от отлетающих частей. Для круга, расколовшегося на две части, энергия разлета  $P$  на стенки ограждения равна:

$$P = \frac{m_k V_{\text{в}}^2}{2K_0}, \quad (2.71)$$

где  $m_k$  – масса круга, кг;

$V_{\text{в}}$  – скорость вращения, м/с;

$r_0$  – радиус центра тяжести половины круга, м.

Радиус центра тяжести:

$$r_0 = \frac{4(r_{\text{в}}^3 - r_{\text{ц}}^3)}{3\pi(r_{\text{в}}^2 - r_{\text{ц}}^2)}, \quad (2.72)$$

где  $r_{\text{в}}$  – радиус внешней окружности круга, м;

$r_{\text{ц}}$  – радиус центрального отверстия круга, м.

Расчет ограждений типа экранов, предназначенных для защиты от тепловых, электромагнитных и ионизирующих излучений, ведут по специальным методикам. За основу расчета принимают обеспечение ослабления излучения до допустимых пределов.

**Предохранительные устройства.** В основу работы предохранительных устройств положен принцип отключения оборудования (приводов, механизмов) при выходе контролируемого параметра (усилие, давление, температура, перемещение и т. д.) за допустимые пределы.

Предохранительные устройства могут защищать от механических перегрузок, от перемещения частей машин за установленные габариты, от превышения давления, температуры, скорости, силы электрического тока (напряжения) и др. параметров.

Для защиты от механических перегрузок используют предохранительные муфты, ограничители грузоподъемности, срезаемые штифты и шпильки, регуляторы частоты вращения.

Предохранительные муфты пробуксовывают и не передают крутящий момент, величина которого выше допустимой. Широкое распространение получили фрикционные и кулачковые муфты.

Ограничители грузоподъемности применяют на грузоподъемных механизмах, они предохраняют их от опасной перегрузки во время подъема и перемещения груза. Если груз выше номинальной величины, то срабатывает конечный выключатель – отсоединяет кран от питающей сети.

Предохранительные штифты или шпильки срезаются, если передаваемый крутящий момент превысит допустимую величину. Шпильками крепят шкивы, шестерни, барабаны и др. детали. Для возобновления работы механизма необходимо заменить срезанную шпильку новой.

Диаметр штифта предохранительной муфты, который обычно изготавливают из стали 45 или 65 Г, мм:

$$d_{\text{шт}} = 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{4M_{\text{р}}}{\pi R \tau_{\text{сп}}}}, \quad (2.73)$$

где  $M_{\text{р}}$  – расчетный момент, Н · м,

$R$  – расстояние между осевыми линиями передающих валов и штифта, м;

$\tau_{\text{сп}}$  – предел прочности на срез, МПа (для стали 45 и 65 Г в зависимости от вида термообработки – при статической

нагрузке  $\tau_{ср} = 145\text{--}185$  МПа; при пульсирующей нагрузке  $\tau_{ср} = 105\text{--}125$  МПа; при симметричной знакопеременной нагрузке  $\tau_{ср} = 80\text{--}95$  МПа). Для расчетов рекомендуют принимать меньшие значения.

Обычно расчетный момент  $M_p$  принимают на 10–20 % выше, предельного допустимого момента  $M_{пр}$ , т. е.:

$$M_p = (1,1\text{--}1,2)M_{пр}.$$

Для защиты от перехода движущихся частей механизмов (машин) за установленные пределы используются концевые выключатели (ограничители хода). Концевые выключатели в грузоподъемных механизмах применяются для ограничения пути движения груза как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости.

Для предупреждения аварий и взрывов механизмы, работающие под давлением пара, газа или жидкости, снабжают предохранительными клапанами, или мембранами. Конструкция и размеры мембраны должны быть такими, чтобы после ее разрыва была исключена возможность дальнейшего повышения давления в сосуде.

Конструкции клапанов различны, но назначение их одно – предупредить аварию и не допустить несчастного случая с обслуживающим персоналом.

Условие, при котором рычажный клапан начнет открываться (пренебрегая массами рычагов и клапанов):

$$\frac{\alpha p d^2 H l_1}{4} > G(l_1 + l_2), \quad (2.74)$$

а для пружинного клапана:

$$\frac{\alpha p d^2 H}{4} > T, \quad (2.75)$$

где  $\alpha$  – коэффициент расхода пара через клапан;  
 $d$  – диаметр отверстия, м;  
 $H$  – предельное рабочее давление в сосуде, Па;  
 $l_1, l_2$  – плечи рычага, м;  
 $G$  – масса подвижного груза, Н;  
 $T$  – усилие пружины, Н.

Предохранительные клапаны бывают по виду грузовыми (рычажными), пружинными и специальными; по конструкции

корпуса – открытыми и закрытыми; по способу размещения – одинарными и двойными; по высоте подъема – низкоподъемными и полноподъемными.

Рычажные клапаны (рис. 2.6а) имеют относительно небольшую пропускную способность и при превышении давления сверх допустимого значения выбрасывают рабочий газ или пар в окружающую среду. Поэтому в сосудах, работающих под давлением токсичных или взрывоопасных веществ, обычно устанавливают пружинные клапаны закрытого типа (рис. 2.6б), сбрасывающие вещество в специальный, соединенный с аварийной емкостью трубопровод.

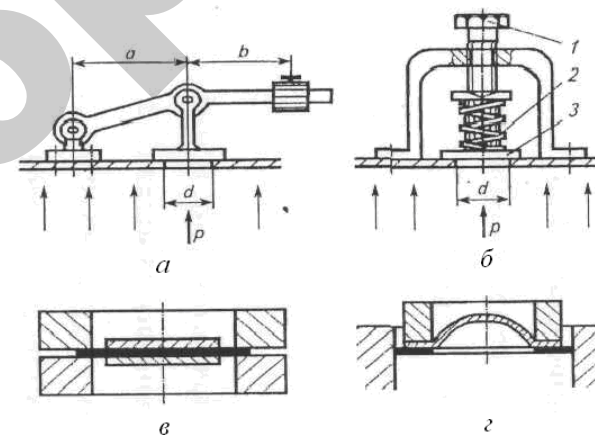


Рис. 2.6. Схемы предохранительных рычажных (а), пружинных (б) клапанов и мембран (е и з):  
 1 – натяжной винт; 2 – пружина; 3 – тарелка клапана

Регулируют рычажный клапан на предельно допустимое значение по манометру путем изменения массы груза  $t$  или расстояния  $b$  от оси клапана до груза. Пружинный клапан регулируют с помощью натяжного винта  $1$ , изменяющего усилие прижатия тарелки клапана  $3$  пружиной  $2$ . Основным недостатком предохранительных клапанов – их инерционность, т. е. обеспечение защитного действия только при постепенном нарастании давления в сосуде, на котором они установлены.

Для определения проходного сечения предохранительных клапанов используют теорию истечения газов из отверстия. Рассмотрим следующую зависимость:



$$Q = \mu S_k p \sqrt{\frac{gMk}{RT} \left(\frac{1+k}{2}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}, \quad (2.76)$$

где  $Q$  – пропускная способность клапана, кг/ч;  
 $\mu$  – коэффициент истечения (для круглых отверстий  $\mu = 0,85$ );  
 $S_k$  – площадь сечения клапана, см<sup>2</sup>;  
 $p$  – давление под клапаном, Па;  
 $g = 9,81 \cdot 10^2$  см/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения;  
 $M$  – молекулярная масса газов или паров, проходящих через клапан;  
 $k = c_p/c_v$  – отношение теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме (для водяного пара  $k = 1,3$ ; для воздуха  $k = 1,4$ );  
 $R$  – газовая постоянная, кДж/кг · К (для водяного пара  $R = 461,5$  кДж/(кг · К); для воздуха  $R = 287$  кДж/(кг · К));  
 $T$  – абсолютная температура среды в защищаемом сосуде, °К.

Подставив в последнюю формулу значения  $\mu$ ,  $g$ ,  $R$  и среднее значение  $k$ , при известном значении  $Q$  можно определить площадь сечения предохранительного клапана  $S_k$ , см<sup>2</sup>:

$$S_k = \frac{Q}{216 p \sqrt{M/T}}. \quad (2.77)$$

Число и суммарное сечение предохранительных клапанов находят из выражения:

$$n d_k h_k = \frac{K_k Q_k}{p_k}, \quad (2.78)$$

где  $n$  – число клапанов (на котлах паропроизводительностью не более 100 кг/ч допускается установка одного предохранительного клапана, при паропроизводительности котла более 100 кг/ч его снабжают не менее чем двумя предохранительными клапанами);  
 $d_k$  – внутренний диаметр тарелки клапана, см ( $d_k = 2,5$ – $12,5$  см);  
 $h_k$  – высота подъема клапана, см;  
 $K_k$  – коэффициент (для клапанов с малой высотой подъема при  $h_k \leq 0,05 d_k$   $K_k = 0,0075$ ; для полноподъемных клапанов при  $0,05 d_k < h_k \leq 0,25 d_k$   $K_k = 0,015$ );

$Q_k$  – производительность котла по пару при максимальной нагрузке, кг/ч;  
 $p_k$  – абсолютное давление пара в котле, Па.

Для защиты сосудов и аппаратов от очень быстрого и даже мгновенного повышения давления применяют предохранительные мембраны (рис. 2.6в и з), которые в зависимости от характера их разрушения при срабатывании делят на разрывные, срезные, ломающиеся, хлопающие, отрывные и специальные. Наиболее распространены разрывные мембраны, разрушающиеся под действием давления, значение которого превышает предел прочности материала мембраны.

Мембранные предохранительные устройства изготовляют из различных материалов: чугуна, стекла, графита, стали, бронзы и др. Тип и материал мембраны выбирают с учетом условий эксплуатации сосудов, на которые их устанавливают: давления, температуры, скорости нарастания давления, времени сброса избыточного давления и др.

Для обеспечения работы мембраны необходимо определить толщину пластин мембраны в зависимости от значения разрушающего давления. Пропускная способность, кг/с, мембранных предохранительных устройств при повышении давления в защищаемом сосуде:

$$Q_m \approx 0,06 S_{\text{раб}} p_{\text{пр}} \sqrt{\frac{M}{T_r}}, \quad (2.79)$$

где  $S_{\text{раб}}$  – рабочее (проходное) сечение, см<sup>2</sup>;  
 $p_{\text{пр}}$  – абсолютное давление перед предохранительным устройством, Па;  
 $T_r$  – абсолютная температура газов или паров, °К.

Необходимая толщина рабочей части ломающейся мембраны, мм:

$$b = p_p d_{\text{пл}} k_{\text{оп}} (4[\sigma_{\text{ср}}]), \quad (2.80)$$

где  $p_p$  – давление, при котором должна разрушиться пластинка, Па;  
 $d_{\text{пл}}$  – рабочий диаметр пластины, см;  
 $k_{\text{оп}}$  – масштабный коэффициент, определяемый опытным путем (при  $d/b = 0,32$   $k = 10$ – $15$ );  
 $[\sigma_{\text{ср}}]$  – временное сопротивление срезу, МПа.

Толщина мембран, изготавливаемых из хрупких материалов:

$$b = 1,1r_{\text{пл}} \sqrt{\frac{P_p}{[\sigma_{\text{из}}]}}, \quad (2.81)$$

где  $r_{\text{пл}}$  – радиус пластины, см;

$[\sigma_{\text{из}}]$  – предел прочности материала пластины на изгиб, Па.

К предохранительным устройствам, предотвращающим взрыв ацетиленового генератора, относят водяные затворы (рис. 2.7), не пропускающие пламя внутрь генератора. При обратном ударе пламени, возникающем, например, при зажигании газовой горелки, взрывчатая смесь попадает в затвор и вытесняет часть воды по газоотводящей трубке 2. Затем конец трубки 4 получит сообщение с атмосферой, избыток газа выйдет, давление нормализуется и устройство вновь начнет работать по схеме, приведенной на рисунке 2.7а.

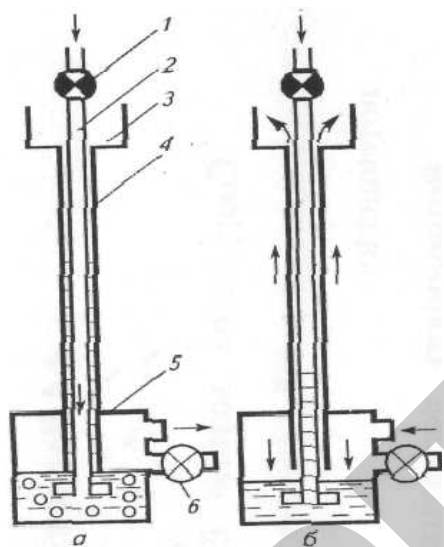


Рис. 2.7. Схема работы водяного затвора низкого давления:

а – при нормальной работе; б – при обратном ударе:

1 – напорный клапан; 2 – газоотводящая трубка; 3 – воронка;  
4 – предохранительная трубка; 5 – корпус; б – контрольный клапан

Для защиты электроустановок от чрезмерного повышения силы тока, что может вызвать короткое замыкание, пожар и поражение человека, служат автоматические выключатели и предохранители.

Для предотвращения нарастания тока до опасной величины применяют плавкие предохранители. При превышении током установленного значения предохранитель расплавляется и прерывает электрическую цепь. Для этих целей также широко используются автоматические выключатели (электромагнитные, тепловые и др. расцепители).

Блокировочные устройства исключают возможность проникновения человека в опасную зону либо предотвращают опасные действия работающего. По принципу действия они могут быть механическими, электрическими, фотоэлектрическими, радиоактивными, гидравлическими, пневматическими и комбинированными.

В механической блокировке может не обеспечиваться передача крутящего момента при снятом ограждении, т. к. натяжная звездочка цепной передачи привода механизма закреплена на ограждении. В электрической блокировке при снятом или не закрытом ограждении будут разомкнуты контакты электрической цепи, и соответствующие механизмы будут обесточены и выключены.

В фотоэлектрической блокировке при попадании в опасную зону (например, пресса) какого либо предмета (работающего) луч света перекрывается и не попадает на фотоэлемент, срабатывает защита и отключает станок от питающей сети.

Сущность радиационной блокировки состоит в следующем. На руку рабочего надевается браслет с источником слабого ионизирующего излучения. Когда рука приближается к опасной зоне, излучение улавливается специальным счетчиком и усиливается, затем импульс передается на реле, разрывающее цепь магнитного пускателя.

Блокировки в машинах и механизмах с гидравлическим и пневматическим приводом срабатывают, когда клапаны питающей среды перекрываются вследствие неправильных действий работающих или по другим обстоятельствам (нарушение технологических режимов).

Тормозные устройства применяют для быстрой остановки движущихся машин и частей оборудования, удержания машин на преодолеваемом ими подъеме или спуске, для исключения самопроизвольного опускания груза и т. д.

В целях безопасности время торможения желательно сокращать, но при этом резко возрастают динамические нагрузки, которые могут вызвать поломки конструктивных элементов машин.

Эффективность торможения мобильных машин оценивается по величине остановочного пути, который пройдет машина с момента обнаружения опасности до момента остановки машины.

Из теории тракторов и автомобилей известно, что тормозной (остановочный) путь можно выразить в следующем виде:

$$l_0 = \frac{(t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_0}{3,6} + \frac{f_{\text{эт}}v_0^2}{254f}, \quad (2.82)$$

где  $l_0$  – тормозной путь, м;

$t_1$  – время реакции оператора (0,4–1,5 с);

$t_2$  – время задержки сигнала тормоза (0,2–0,7 с);

$t_3$  – время торможения, с;

$v_0$  – начальная скорость при торможении, км/ч;

$f_{\text{эт}}$  – коэффициент эксплуатационных условий торможения;

$f$  – коэффициент сцепления шин с почвой.

Если автомобиль (трактор) буксирует прицеп, не имеющий тормозов на колесах, то остановочный путь увеличится до

$$l_0 = \frac{(t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_0}{3,6} + \frac{f_{\text{эт}}v_0^2(G_a + G_{\text{п}})}{254fG_a}, \quad (2.83)$$

где  $G_a$  – масса автомобиля (трактора), кг;

$G_{\text{п}}$  – масса прицепа, кг.

Процесс торможения тракторов и автомобилей с прицепами более сложен, т. к. возможны наезды в процессе торможения. Чтобы это исключить, в первую очередь тормоза должны обеспечивать торможение наиболее удаленного прицепа. Тормозные качества мобильной техники оценивают на специально оборудованных площадках или полигонах с бетонным покрытием.

В электрических приводах транспортных и грузоподъемных машин применяют торможение электродвигателя противоключением. Сущность этого способа состоит в том, что к выключенному электродвигателю подается обратный порядок чередования фаз, в результате чего возникает значительный тормозной момент и частота вращения рабочего органа быстро уменьшается. После

остановки электропривод сразу же должен быть отключен, чтобы избежать изменения направления вращения электродвигателя на противоположное.

Сигнализация по функциональному назначению подразделяется на предупредительную (предупреждение о возможной опасности), аварийную (извещение о возникновении опасного режима работы), контрольную (контроль производственных процессов по заданным параметрам) и переговорную (оперативная связь между людьми, обслуживающими объект).

По способу действия используют сигнализацию следующих видов: световую, звуковую, цветовую и знаковую. Световая сигнализация предупреждает транспорт об опасности и характере движения (стоп-сигналы, указатели поворота, габаритные фары и др.).

Установлены четыре группы знаков безопасности: запрещающие, предупреждающие, предписывающие и указательные. Для каждой группы установлены форма, цвет, размеры знаков и рекомендованы места их установки.

Места и высоту расположения знаков безопасности, их число, размер, а также порядок применения табличек с поясняющими надписями должна устанавливать администрация предприятий и организаций по согласованию с органами государственного надзора и технической инспекцией труда.

Для человека, работающего в опасной зоне, предпочтительна одежда, резко контрастирующая с фоном местности. Для работы на открытом воздухе наиболее целесообразным является оранжевый цвет одежды. Такую одежду применяют для рабочих, занятых на ремонте железнодорожных путей и на строительно-дорожных работах.

Дистанционное управление позволяет избежать необходимости пребывания персонала в непосредственной близости от опасных зон и мест. Дистанционное наблюдение за ходом технологических процессов осуществляется визуально или с помощью средств сигнализации.

Применение дистанционного управления необходимо также в технологических процессах, в которых используют легковоспламеняющиеся или токсичные вещества (окраска машин после ремонта, протравливание семян и т. д.).

По принципу действия различают следующие системы дистанционного управления: механические, гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные. Механическое управление находит применение там, где оборудование размещено на не-

большом расстоянии от пульта управления. Если требуется управление со значительных расстояний, то применяют другие системы. Наиболее широкое применение нашла электрическая система вследствие ее простоты и безинерционности.

Кроме рассмотренных выше технических средств защиты, направленных на обеспечение безопасности работающих, в современных условиях необходимо также одновременно учитывать экологические аспекты, т. е. защиту природной среды, т. к. создавая благоприятные условия на рабочих местах, например, с помощью системы вентиляции, мы загрязняем атмосферу.

## 2.6. Меры защиты от электропоражения

На сельскохозяйственных предприятиях, где используются трехфазные четырехпроводные (система TN-C, рис. 2.8) или пятипроводные сети (системы TN-S, TN-C-S) напряжением 380/220 В, применяют для защиты персонала от поражения электрическим током главным образом защитное зануление (основная мера), защитное заземление, устройства защитного отключения (УЗО) и устройства выравнивания электрических потенциалов (УВЭП).

**Зануление** – это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником (т. н. РЕ-проводником) металлических нетоковедущих частей (открытых проводящих частей, обычно это корпус электроустановки), которые могут оказаться под напряжением.

Если корпус зануленной электроустановки попадает под фазное напряжение, то происходит однофазное короткое замыкание между нулевым и фазным проводами. При этом перегорает плавкий предохранитель или срабатывает автоматический выключатель и происходит отключение поврежденного участка цепи. До того как сработает токовая защита, через человека, не вызывая поражения, проходит незначительный ток.

Для эффективного срабатывания зануления необходимо, чтобы

$$I_k \geq KI_y, \quad (2.84)$$

где  $K$  – коэффициент кратности тока (чувствительность защиты), зависит от вида и характеристик отключающего аппарата; ( $K = 3$  для предохранителей;  $K = 1,25-1,4$  для автоматических выключателей);

$I_y$  – ток уставки отключающего аппарата (предохранителя, автоматического выключателя).

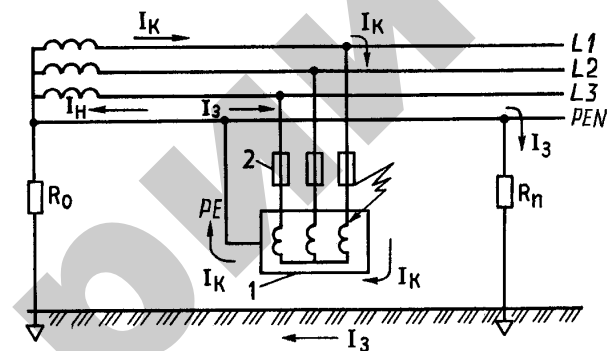


Рис. 2.8. Принципиальная схема зануления (система TN-C):

1 – корпус (открытая проводящая часть); 2 – аппараты защиты от токов короткого замыкания (предохранители, автоматические выключатели);  $R_0$  – сопротивление заземления нейтрали источника тока;  $R_n$  – сопротивление повторного заземления нулевого провода;  $I_k$  – ток короткого замыкания;  $I_n$  – часть тока короткого замыкания, протекающая через нулевой проводник;  $I_3$  – часть тока короткого замыкания, протекающая через землю; PE – нулевой защитный проводник; PEN – проводник, совмещающий функции защитного и нулевого рабочего проводников

Ток уставки  $I_y$  определяется исходя из нагрузки электроустановки или пускового тока электродвигателя.

В последнее время с целью повышения безопасности электропотребителей применяют однофазные трехполюсные (трехконтактные) розетки европейского типа (т. н. еврозетки, системы TN-C-S или TN-S). В них один из полюсов (контактов) используют для целей заземления (зануления) электроприборов, два других – для их электропитания. Однако возникает вопрос, правильно ли смонтированы эти еврозетки? Здесь возможны три варианта.

1. К розетке подходят два проводника, один из которых фазный, а второй нулевой рабочий (обозначаемый на схемах буквой N). Фазный проводник подсоединен к одному из двух рабочих контактов розетки, а нулевой рабочий проводник подсоединен ко второму рабочему контакту розетки и одновременно к ее заземляющему контакту.

Такой монтаж розетки является грубейшим нарушением правил электробезопасности и превращает розетку, предназначенную обеспечивать защиту от поражения электрическим током, в источник повышенной опасности поражения. Действительно, при любом повреж-

дении нулевого рабочего проводника на заземляющем полюсе розетки, а следовательно, и на корпусе «заземленного» таким образом электроприемника, появится опасное для жизни человека электрическое напряжение значением 220 В. Оно попадет туда через проводимость включенного в розетку однофазного электроприемника.

2. Как и в предыдущем случае, к розетке подходят два проводника, один из которых фазный, а второй нулевой. Фазный проводник подсоединен к одному из двух рабочих полюсов розетки, а нулевой проводник на своем конце, который находится в подрозеточной коробке, т. е. непосредственно у самой розетки, разветвляется на два очень коротких проводника длиной 1–2 см каждый. Один из них подсоединен ко второму рабочему полюсу розетки. Второй короткий проводник подсоединен к заземляющему контакту розетки. Его называют нулевым защитным, т. е. РЕ-проводником. Проводник до разделения на N и РЕ называют совмещенным нулевым рабочим и нулевым защитным, т. е. PEN-проводником, а саму систему – TN–C–S. Это формально. Практически же этот вариант монтажа розетки ничем не отличается от предыдущего и создает такую же высокую опасность поражения человека электрическим током, которая может иметь место при нарушении целостности PEN-проводника.

3. Разделение PEN-проводника на нулевой рабочий и нулевой защитный выполнено не в подрозеточной коробке, как в предыдущем случае, а на вводе в помещение. В этом случае к розетке подведено уже не два, а три проводника – фазный, нулевой рабочий и нулевой защитный. Фазный и нулевой рабочий проводники присоединены к рабочим полюсам розетки, а нулевой защитный – к заземляющему полюсу.

На первый взгляд кажется, что любое повреждение нулевого рабочего проводника не приведет к опасной ситуации, электроприемник будет оставаться заземленным. А что произойдет, если нарушится целостность PEN-проводника, т. е. проводника, совмещающего функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников? Например, оборвется нулевой провод воздушной линии, питающей помещение. Тогда опасное электрическое напряжение 220 В появится не только на заземляющем полюсе одной розетки, но и на заземляющих полюсах всех розеток в здании, заземленных на указанный PEN-проводник.

Следует отметить, что указанная здесь опасность поражения электрическим током будет иметь место только в том случае, если

в дополнение к разделению PEN-проводника на N- и РЕ-проводники не использовано защитное уравнивание электрических потенциалов. Это мера обеспечения электробезопасности, заключающаяся в снижении относительной разности электрических потенциалов между различными точками на поверхности электропроводящего пола (покрытия) и частями, доступными для прикосновения.

Указанное достигается тем, что все заземляемые части оборудования, нулевые защитные проводники, металлические трубопроводы коммуникации, металлические части каркаса здания, металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования, заземляющие устройства системы молниезащиты, заземляющие проводники рабочего заземления, металлические оболочки телекоммуникационных и сетевых кабелей объединяются в одну систему уравнивания потенциалов.

Экспериментально проверять эффективность зануления необходимо перед приемкой в эксплуатацию нового или после капитального ремонта зануленного электрооборудования, но не реже 1 раза в 5 лет. Для этого в сетях 380/220 В используются приборы «Измеритель тока к.з. Щ-41160», ЭКО-200 и др. Полученное значение тока к.з.  $I_k$  проверяют по вышеприведенному условию.

**Защитное заземление** – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Назначение защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус и другими причинами. Это достигается путем уменьшения потенциала на заземленном оборудовании (за счет уменьшения сопротивления заземления), а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования.

Конструктивно заземляющее устройство состоит из заземлителя – совокупности электродов, соединенных между собой и находящихся в непосредственном соприкосновении с землей, и проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем. На практике используются групповые заземлители – параллельное соединение одиночных заземлителей. Групповой заземлитель обладает меньшим сопротивлением растеканию тока и обеспечивает лучшее выравнивание потенциалов по поверхности земли.

Защитное заземление – основная защитная мера от поражения электрическим током в установках до 1000 В в трехфазных трех-

проводных сетях с изолированной нейтралью, однофазных двухпроводных, изолированных от земли, а также в двухпроводных сетях постоянного тока с изолированной средней точкой обмоток источника тока; во всех установках напряжением выше 1000 В с любым видом нейтрали. Надо помнить, что в трехфазных четырехпроводных сетях до 1000 В с глухозаземленной нейтралью, т. е. с нулевым проводом в сети, заземлять электрооборудование без его зануления нельзя.

ПУЭ предписывают обязательное использование помимо искусственных заземлителей, предназначенных исключительно для целей заземления, естественных заземлителей, находящихся в земле металлических предметов иного назначения. В качестве естественных заземлителей могут использоваться проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов); металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, имеющие соединения с землей; свинцовые оболочки кабелей и т. п.

В электроустановках напряжением до 1000 В допустимые значения сопротивления заземляющих устройств устанавливаются следующим образом:

– при суммарной мощности трансформаторов и генераторов, питающих данную сеть,  $S \geq 100 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $R_{\text{доп}} \leq 4 \text{ Ом}$ ;

– при суммарной мощности этих источников  $S < 100 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $R_{\text{доп}} \leq 10 \text{ Ом}$ .

Нормы на параметры заземляющих устройств учитываются при расчетах защитных заземлений электроустановок. Расчет заземляющего устройства заключается в определении типа заземлителя, количества, размеров и размещения одиночных заземлителей таким образом, чтобы расчетное сопротивление группового заземлителя было не более допустимого по нормам.

Экспериментальное сопротивление заземлителя можно определить с помощью приборов Ф-4103 и др.

### **2.7. Методология применения устройств защитного отключения в сельскохозяйственных организациях**

Защитное зануление и заземление, которые, как указывалось, применяются в электроустановках напряжением 380/220 В с заземленной нейтралью, наряду с известными достоинствами (простота,

осуществление электрозащитных функций при значительных токах утечки, относительно низкие затраты) обладают и рядом существенных недостатков. Так, при случайном обрыве нулевого провода, за местом обрыва (по «ходу» энергии) при обычно неизбежной несимметрии электрической нагрузки, на зануленном оборудовании появляется значительное напряжение, которое действует длительное время. Система зануления не обеспечивает электробезопасность людей при случайном прикосновении к токоведущим частям (одна из самых опасных ситуаций, при которой человек попадает почти под полное фазное напряжение даже в случае прикосновения к одной фазе). Поэтому для дальнейшего повышения уровня электробезопасности значительное внимание в последнее время уделяется массовому применению в электрических сетях низкого напряжения устройств защитного отключения (УЗО), распространению УЗО и зануления также на сферу быта.

Защитным отключением в электроустановках до 1 кВ называется автоматическое отключение всех фаз (полюсов) участка сети, обеспечивающее безопасные для человека сочетания силы тока и времени его прохождения при замыканиях на корпус или снижении уровня изоляции ниже определенного значения. В последнем случае (при снижении сопротивления изоляции), а также при прикосновении человека к фазе защитное заземление и зануление неэффективны, поэтому устройство защитного отключения здесь незаменимо.

Основным элементом устройства автоматического защитного отключения является прибор-датчик. В него входят:

- 1) непосредственно датчик, реагирующий на определенный внешний сигнал;
- 2) усилитель для усиления входного сигнала датчика;
- 3) цепь контроля для периодической проверки исправности УЗО;
- 4) элементы сигнализации – лампы, измерительные цепи, характеризующие состояние электроустановки.

УЗО должны обеспечивать: высокую чувствительность, т. е. реагировать на малые изменения входной величины; быстрдействие; селективность действия – способность отключать от сети лишь поврежденный участок; самоконтроль исправности, которым обладают далеко не все УЗО, однако он является обязательным при отсутствии защитного заземления и зануления; надежность.

Различают типы УЗО, реагирующие на: потенциал корпуса, ток замыкания на землю, токи утечки, комбинированные УЗО и др.

В УЗО, реагирующем на токи утечки дифференциального типа, которое является наиболее перспективным в электроустановках потребителей (до 1 кВ), в т. ч. на предприятиях АПК, в качестве датчика используют трансформатор тока тороидального типа. В нем роль первичной обмотки выполняют фазные проводники (рис. 2.9).

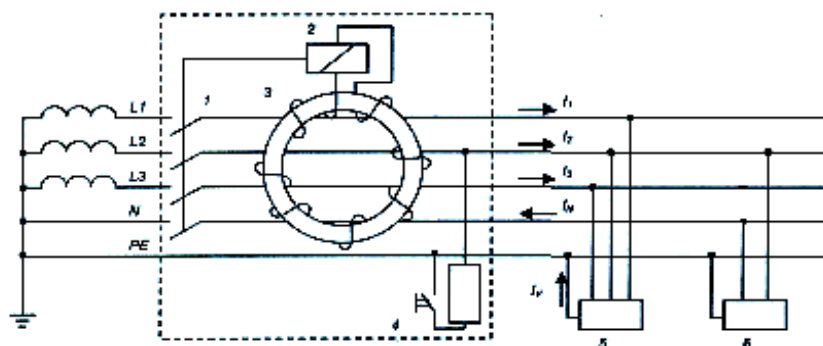


Рис. 2.9. Схема включения УЗО в сеть TN-S:

1 – исполнительный механизм; 2 – блок управления; 3 – датчик дифференциального тока; 4 – кнопка контроля работоспособности УЗО; 5 – трехфазный электроприемник; 6 – однофазный электроприемник

Вторичная обмотка имеет большое число витков, равномерно расположенных по тороиду, подключается к управляющему органу (в электромеханических УЗО – к чувствительному электромагнитному реле, в электронных – к промежуточному усилителю и другим электронным элементам исполнительного реле). Роль исполнительного механизма играет коммутационный аппарат (выключатель). В дифференциальных автоматах выключатель является составной частью УЗО.

Геометрическая сумма токов, протекающих по первичной обмотке в нормальном режиме работы, равна нулю:  $I_1 + I_2 + I_3 + I_N = 0$ . При утечке тока равновесие их в первичной обмотке нарушается:  $I_1 + I_2 + I_3 + I_N = I_Y$ . Тогда в магнитопроводе создается магнитный поток, индуктирующий ток во вторичной обмотке и отключающий цепь.

Под  $I_Y$  понимается ток, который протекает в сети с заземленной нейтралью по участку цепи, параллельному нулевому рабочему проводу, при снижении сопротивления изоляции фазного провода, замыкании на открытые проводящие части через землю или нулевой

защитный проводник, а также в случае прикосновения человека к токоведущим частям. Таким образом, устройства защитного отключения данного типа способны защитить человека, коснувшегося непосредственно токоведущих частей, отключить поврежденный электроприемник при замыкании на открытые проводящие части и предотвратить пожары, возникающие при неисправности изоляции или при снижении ее сопротивления.

Относительная электроразличительная эффективность  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{\lambda T}{\lambda T + e^{-\lambda T} - 1}, \quad (2.85)$$

где  $\lambda$  – средняя плотность потока отказов (величина, обратная средней наработке на отказ);

$T$  – период между контрольными испытаниями работоспособности УЗО.

Величина  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  определяет, во сколько раз увеличивается электробезопасность при использовании тех или иных средств защиты по сравнению с электробезопасностью электроприемника без их применения, принимаемой за единицу. Так, для электронных УЗО при времени между контрольными испытаниями  $T_3 = 3$  мес.  $\mathcal{E}_{\text{ср}} = 56$ . Для более надежных электромеханических УЗО электроразличительная эффективность выше, и при средней наработке на отказ  $\lambda = 1 \cdot 10^{-5}$   $\mathcal{E}_{\text{ср}} = 95$ , т. е. в 1,7 раза выше, чем у электронных УЗО. Для обеспечения электробезопасности (при допустимой вероятности электропоражения  $1 \cdot 10^{-6}$ ) средняя наработка на отказ устройств защитного отключения не должна быть менее 80 000 часов, при которой  $\mathcal{E}_{\text{ср}} = 82$ .

В одних случаях целесообразно применять групповую защиту, при которой одно УЗО обеспечивает безопасность нескольких установок, в других – индивидуальную, предусматривающую размещение защитного аппарата непосредственно на каждой электроустановке.

Групповая система защиты имеет широкую зону действия, т. е. позволяет контролировать появление утечки тока на землю не только в отдельных электроприемниках, но и во всей сети. Однако при значительном числе электроустановок, защищаемых одним УЗО, в случае его срабатывания при повреждении какого-либо из электроприемников существенно затрудняется поиск поврежден-

ной установки. Это приводит к резкому возрастанию длительности перерывов в электроснабжении потребителей, нарушению технологических процессов (дойка, кормление) и, следовательно, к значительному материальному ущербу.

Индивидуальная защита устраняет недостатки групповой: она снижает время поиска поврежденного участка и простой оборудования. Но при использовании индивидуальной системы защитного отключения капитальные и эксплуатационные затраты выше, чем при групповой.

Как видим, каждая из рассмотренных систем защиты обладает своими достоинствами и недостатками. Выбор рациональной системы сводится к определению мест установки и числа УЗО из условий обеспечения заданного уровня электробезопасности с наименьшими затратами. Решить такую задачу можно с помощью математической модели работы системы защитного отключения (СЗО). На основе модели могут быть определены время поиска повреждения и общее время простоя электроустановок, вызванное срабатыванием устройства защитного отключения, что в конечном счете позволит найти функционал затрат – рычаг оптимизации СЗО.

Решим задачу на примере животноводческого комплекса. Выделим из всей совокупности электроустановок рассматриваемого комплекса  $r$  групп одного типа, работающих в достаточно близких условиях в рамках одного технологического процесса. Пусть  $i$ -я группа ( $i = 1 \dots r$ ) содержит  $l_i$  электроустановок, защищаемых  $n_i$  УЗО ( $n_i = 1 \dots l_i$ ). Каждая из  $n_i$  подгрупп защищена одним УЗО и состоит из  $m_p$  электроустановок ( $p = 1 \dots n_i$ ).

Чтобы выяснить, как функционируют СЗО, рассмотрим один из возможных вариантов работы электроустановок подгруппы на некотором конечном интервале времени. Для этого допустим, что  $m_p = 3$ . В момент  $t = 0$  электроустановки рассматриваемой подгруппы одновременно начали работу и безаварийно продолжали ее до момента  $t'_3$ , когда произошло срабатывание УЗО из-за возрастания тока утечки в третьей электроустановке до значения установки защиты. Затем в течение  $t'_{п3}$  ищут поврежденную установку, а за промежуток  $t'_{в3}$  восстанавливают ее работоспособность. В момент  $t''_3$  повторно включают третью электроустановку. Далее все установки работают до  $t'_1$ , когда защита срабатывает вторично – теперь из-за неисправности первой электроустановки. За интервалы  $t'_{п1}$  и  $t'_{в1}$ , ищут установку и восстанавливают ее работоспособность.

Определим среднее время поиска поврежденной электроустановки. Предположим, что при поиске неисправности обслуживающий персонал просматривает электроустановки в определенной неизменной последовательности. В этом случае электроустановки можно пронумеровать. Тогда в  $i$ -й группе, защищенной одним УЗО, номер установки  $j$  будет изменяться в пределах  $1 \leq j \leq l_i$ , а в  $p$ -й подгруппе  $i$ -й группы –  $1 \leq j \leq m_p$ . Срабатывание УЗО можно трактовать как событие, в результате которого случайная величина  $X$  – номер электроустановки в подгруппе, вызвавшей срабатывание защиты, – принимает значение  $x_i = j$ . Заметим, что введение  $X$  возможно при условии появления предельного тока утечки только в одной электроустановке. Предложенный способ нумерации позволяет определять  $X$  и как число электроустановок, которые необходимо просмотреть в подгруппе для определения поврежденной, вызвавшей срабатывание УЗО.

При отсутствии внешних признаков повреждения каждую электроустановку подгруппы поочередно включают через аппарат защиты, пока не обнаруживают неисправную. В дальнейшем ограничимся рассмотрением следующих причин повреждения: естественное старение изоляции, пробой на корпус и однофазное замыкание на землю. В этом случае правомерно ввести понятие среднего элементарного времени поиска  $t$ , одинакового для всех групп электроустановок. Значение этой величины в дальнейшем будем считать заданным.

Представим время поиска поврежденной электроустановки как

$$t = tM[X], \quad (2.86)$$

где  $M[X]$  – математическое ожидание номера электроустановки, вызвавшей срабатывание УЗО.

Данное уравнение позволяет свести задачу моделирования времени поиска к определению значения  $M[X]$ , зависящего лишь от числа аппаратов защиты в группе. Если  $i$ -я группа из  $l_i$  электроустановок защищена одним УЗО, то

$$M[X] = M_i = \sum_{j=1}^{l_i} x_j p_j = \frac{1}{l_i} (1 + 2 + \dots + l_i) = \frac{l_i + 1}{2}, \quad (2.87)$$

где  $x_j = j$  при  $1 \leq j \leq l_i$  – значение случайной величины  $X$ ;  
 $p_i = 1/l_i$  – вероятность значений  $X$ .



При защите электроустановок более чем одним аппаратом вероятности значений  $x_j$  величины  $X$  возрастают в связи с повторением одних и тех же номеров в подгруппах.

Введение  $n_i$  УЗО в группу приводит к появлению подгрупп с  $m_1, m_2, \dots, m_p, \dots, m_{n_i}$  электроустановок в каждой. В этом случае для поиска неисправной установки достаточно просмотреть одну подгруппу, в которой произошло срабатывание защитного аппарата. Следовательно, если  $x_j = j$  при  $1 \leq j \leq m_p$  и  $1 \leq p \leq n_i$ , то:

$$M_i(n_i) = \frac{1}{2} l_i \sum_{p=1}^{n_i} (m_p + 1), \quad (2.88)$$

При защите  $i$ -й группы электроустановок с помощью  $n_i$  УЗО ( $1 < n_i$ ) возможно несколько вариантов ее разделения на подгруппы, каждому из которых соответствует определенное значение  $M_i(n_i)$ , причем существуют такие варианты (не обязательно единственный), когда  $M_i(n_i)$  минимально. Это можно представить оптимальным вектором  $m = \{m_1, \dots, m_p, \dots, m_{n_i}\}$ , при котором достигается наименьшее время поиска, что в принципе возможно в том случае, когда каждая из компонент вектора минимально отличается от других, а  $M_i(n_i) = \min$ . Используя эту формулу, можно для любых  $l_i$  и  $n_i$  найти компоненты  $m$  и математическое ожидание  $M_i(n_i)$  числа электроустановок, которые необходимо просмотреть. В ряде случаев  $M_i(n_i)$  может быть представлено таблично как

$$M_i(n_i) = f(n_i, l_i), \quad (2.89)$$

Рассмотрим конкретный пример определения среднего времени поиска поврежденной установки  $t_{ni}$ . Пусть в группе из 10 электроустановок ( $l = 10$ ) для защиты используются 3 аппарата ( $n = 3$ ). Оптимальный вектор  $m = (3, 3, 4)$  и  $M_i(3) = 2,2$ . Это значит, что при поиске электроустановки, вызвавшей срабатывание защиты, в рассматриваемой группе в среднем придется просматривать 2,2 установки. Среднее время поиска после первого срабатывания защиты в  $i$ -й группе, имеющей  $n_i$  УЗО:

$$t_{ni} = t f(n_i, l_i) = 2,2t. \quad (2.90)$$

Выше приведена методика определения  $t_{ni}$  при одном срабатывании УЗО, которое условно можно принимать первым. Последующие срабатывания можно представить как дискретный случайный процесс появления  $x_j^{(p)}(t)$ . Но можно предположить равновероятность

значений  $x_j^{(p)}$  и для последующих отключений защиты в группе. Такое упрощение оправдано тем, что, во-первых, существует много причин, вызывающих срабатывание УЗО, при которых распределение  $x_j'$  в момент отключения практически не зависит от предыстории процесса (например, механическое повреждение изоляции), во-вторых, число срабатываний УЗО в группе за период  $Q$  обычно мало и для последующих отключений  $M_i(n_i)$  изменяется медленно.

УЗО способны защитить человека, коснувшегося непосредственно токоведущих частей, отключить поврежденный электроприемник при замыкании на открытые проводящие части и предотвратить пожары, возникающие при неисправности изоляции или при снижении ее сопротивления.

Перед монтажом УЗО необходимо выявить (измерить) естественные токи утечки защищаемой сети и привести их в соответствие с номинальными отключающими дифференциальными токами УЗО во избежание ложных срабатываний. Токи утечки защищаемой цепи должны быть не менее чем в 3 раза ниже номинального отключающего дифференциального тока устройства. Если токи утечки превышают требуемое значение, необходимо найти и устранить места локальных утечек тока в проводке.

Номинальный отключающий дифференциальный ток устройства для оснащения розеточных групп, используемых для подключения переносных электроприборов, ручного электрифицированного инструмента, не должен превышать 30 мА. При ограниченном числе ручного электрифицированного инструмента можно применять розетки со встроенными УЗО, так называемые УЗО-розетки или УЗО-вилки.

Для стационарных потребителей важное значение имеют место установки УЗО, назначение (для защиты от пожаров, для групповой или индивидуальной защиты), обеспечение селективности работы при двух- или трехступенчатой системе защиты. Для обеспечения пожарной безопасности пожароопасных производств УЗО необходимо устанавливать на вводе во вводном распределительном щитке так, чтобы оно контролировало состояние всей внутренней электрической цепи. Ток уставки данного УЗО – не более 300 мА.

## 2.8. Исследование эффективности устройств выравнивания электрических потенциалов на фермах КРС

Выравнивание и уравнивание электрических потенциалов является одной из мер обеспечения электробезопасности сельскохозяй-

ственных животных от поражения электрическим током в аварийном и нормальном эксплуатационных режимах наряду с занулением, защитным отключением и обеспечением степени защиты оболочек электрооборудования, материалов и пускозащитной аппаратуры не ниже IP35.

Защиту сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током необходимо предусматривать для обеспечения электробезопасности животных при следующих аварийных режимах:

1) однофазном замыкании на землю в сети напряжением до 1 кВ, включая обрыв и падение на землю фазного провода воздушной линии (ВЛ);

2) замыкании на землю на стороне высшего напряжения на подстанциях 6/0,4, 10/0,4 и 35/0,4 кВ;

3) замыкании на землю в ВЛ напряжением 6, 10 и 35 кВ;

4) однофазном замыкании на корпус в сети напряжением до 1 кВ;

5) замыкании на землю на стороне высшего напряжения на подстанции глубокого ввода на напряжении 110 кВ;

6) замыкании на землю в ВЛ напряжением 110 кВ глубокого ввода.

Защиту животных от поражения электрическим током следует предусматривать с таким расчетом, чтобы для указанных первых трех аварийных режимов напряжение прикосновения и напряжение шага для животных не превышали 12 В. Для четвертого, пятого и шестого аварийных режимов эти напряжения зависят от времени действия защиты от замыканий, т. е. от полного времени отключения, равного сумме времени срабатывания основной релейной защиты и отключения коммутационного аппарата, и не должны превышать значений, указанных в таблице 2.7. Время действия четвертого аварийного режима не должно превышать 0,4 с.

Таблица 2.7

Допустимые напряжения прикосновения

Время возможного воздействия напряжения прикосновения, с	0,2	0,5	1	5	10	свыше 10
Наибольшее допустимое напряжение прикосновения, В	150	100	75	35	25	не более 12

Для промежуточных значений напряжения берется следующее, более высокое значение номинального напряжения.

Применительно к крупным животноводческим фермам, комплексам, конюшням и биофабрикам с числом животных 800 и более голов, размещенных в одном или нескольких зданиях, но объединенных между собой электропроводящими коммуникациями (металлическими трубопроводами, бронированными кабелями и т. п.), имеющими соединения с доступными для прикосновения животных металлоконструкциями, а при содержании скота особо ценных пород, независимо от количества поголовья, защита животных должна выполняться с таким расчетом, чтобы для указанных выше первых трех аварийных режимов напряжения прикосновения и шага для животных не превышали 8 В. Для пятого и шестого аварийных режимов напряжения прикосновения и шага для животных при времени действия резервной защиты 2 и 3 с не должны превышать соответственно 10 и 8 В. Для четвертого аварийного режима – согласно таблице 2.7.

В зоне размещения животных предельно допустимое напряжение переменного тока в нормальном эксплуатационном режиме для исключения электропатологии не должно превышать 0,2 В.

Обеспечение вышеизложенных требований следует осуществлять путем выравнивания электрических потенциалов между участком пола, на котором находятся животные, и всеми доступными для прикосновения животных металлоконструкциями (автопоилками, трубопроводами, конструкциями транспортеров для раздачи кормов и уборки навоза, конструкциями ограждений боксов и другого стойлового оборудования и т. п.), которые могут оказаться под электрическим потенциалом.

В крупных животноводческих помещениях (с числом скотомест не менее 200 в одном строении) с бетонными полами, имеющими деревянное или иное покрытие либо без него, с монолитными в бетонный пол стойками из металла системы автопоения и доения, с навозоуборочными транспортерами и другими электрифицированными механизмами, повышающими вероятность возникновения аварийных режимов, должно применяться выравнивание потенциалов, выравнивание электрических потенциалов и повторное заземление нулевого провода ВЛ на вводе в животноводческое помещение.

В животноводческих помещениях других типов достаточно установки УЗО на вводе в помещение; автоматического отключения

питания в аварийных режимах электроустановки, чтобы в случае косвенного прикосновения людей и животных разность потенциалов между открытыми проводящими частями и полом в зонах, где могут находиться люди и размещаться животные, не превышала значений допустимых напряжений, для чего рекомендуется использовать защитную металлическую сетку, заделанную в пол и соединенную с защитным проводником и всеми металлоконструкциями, которых могут коснуться животные.

Выравнивание электрических потенциалов может быть выполнено:

- созданием искусственного устройства выравнивания электрических потенциалов (УВЭП);

- использованием только естественного выравнивания электрических потенциалов технологическими металлоконструкциями и строительными металлическими и железобетонными конструкциями;

- созданием комбинированного устройства выравнивания электрических потенциалов с использованием естественного выравнивания электрических потенциалов и искусственного УВЭП.

На открытых площадках следует применять кольцевые УВЭП, в закрытых помещениях – штыревые или протяженные. Предпочтительнее штыревые УВЭП как менее металлоемкие.

Все открытые и сторонние проводящие части, которых могут коснуться животные, должны быть электрически соединены между собой, с арматурой строительных железобетонных конструкций животноводческого помещения и с нулевым защитным проводником электроустановки. При этом естественные контакты в сочленениях металлических и строительных конструкций достаточны, если сопротивление петли «фаза–нуль» с учетом переходных сопротивлений обеспечивает кратность тока однофазного замыкания на корпус для всех электроприемников, находящихся в животноводческом помещении.

Указанные выше открытые и сторонние проводящие части должны иметь видимые электрические связи с зануленным корпусом вводного щита, с вводной трубой водопровода, с редукторами навозоуборочных и кормораздаточных транспортеров, выполненные при помощи сварки полосовой сталью толщиной не менее 4 мм или катанкой диаметром 8 мм (при использовании оцинкованной стали толщина полосовой стали должна быть не менее 3 мм, катанки – не менее 6 мм).

На фермах и комплексах крупного рогатого скота, в конюшнях и на биофабриках защиту животных путем выравнивания электрических потенциалов необходимо предусматривать:

- в помещениях привязного содержания животных независимо от применяемого технологического оборудования, строительных материалов и конструкций;

- в помещениях для коров и лошадей при содержании их в индивидуальных денниках независимо от материалов строительных конструкций;

- в помещениях беспривязного содержания животных только в тех местах, которые находятся вблизи (до 3 м) от стационарного электрифицированного оборудования, а также зануленных металлических конструкций оборудования, трубопроводов автопоилок, ограждений и т. п., к которым возможно прикосновение животных во время кормления, поения, доения или отдыха;

- при содержании животных на открытых площадках и манежах УВЭП следует выполнять только в случаях, когда на площадках и манежах имеется зануленное оборудование или стационарное электрифицированное оборудование, например, автопоилки с электрообогревом. При этом УВЭП должны выполняться в виде кольцевых заземлителей, закладываемых на глубину  $0,44R$ , где  $R$  – радиус кольцевого заземлителя, выбираемый в пределах 1,5–2,0 м.

Для защиты животных от поражения электрическим током в помещениях ферм КРС, в конюшнях и на биофабриках следует применять УВЭП, которые содержат металлические стержневые или протяженные элементы, электрически соединенные с технологическим оборудованием и строительными металлоконструкциями, доступными для прикосновения животных, и установленные в токопроводящем полу стойл, отделенных в горизонтальном направлении от зоны нулевого потенциала участком с высоким удельным сопротивлением.

Стержни УВЭП следует погружать в землю под стойла вдоль их внешней стороны с разрежением в каждом ряду от периферии к центру. Длина каждого стержня должна быть не менее 0,5 длины стойла. Погружают их в землю под углом  $35\text{--}50^\circ$  к поверхности пола стойл. Смещение внешних концов стержней от внешней стороны стойла не более 0,5 длины стойла. Расстояния между соседними стержнями  $a_i$  увеличивают от периферии к центру по арифметической прогрессии [10]:

$$a_i = a_1 + (i - 1)d, \quad (2.91)$$

где  $a_1$  – удвоенная ширина стойла;

$i$  – порядковый номер расстояния между стержнями;

$d$  – разность, равная ширине стойла.

Вместе с тем при выполнении УВЭП наряду со снижением потенциала на металлоконструкциях, оказавшихся под напряжением, возникают и отрицательные явления, связанные с появлением потенциала на поверхности пола (земли) вокруг места стекания тока в землю. Возникающие при этом разности потенциалов отдельных точек цепи тока, в том числе точек на поверхности земли, могут достигать больших значений, представляющих собой опасность для человека (животного).

Значения потенциалов, их разностей и характер их изменений, а следовательно, и обусловленная ими опасность поражения человека током, зависят от многих факторов: значения тока, стекающего в землю, конфигурации, размеров, числа и взаимного расположения электродов, составляющих групповой заземлитель, удельного сопротивления грунта и др. Воздействуя на некоторые из этих факторов, можно снизить разности потенциалов, действующие на человека, до безопасных значений.

С этой целью рассмотрим стержневой вертикальный заземлитель круглого сечения длиной  $l$ , м, и диаметром  $d$ , м, погруженный в землю так, чтобы его верхний конец был на уровне земли. С заземлителя стекает ток  $I_3$ , А. Необходимо найти выражения для потенциала точек на поверхности земли и для потенциала заземлителя.

Разбиваем заземлитель по длине на бесконечно малые участки длиной  $dy$  и уподобляем их элементарным шаровым заземлителям диаметром  $dy$ , м.

С каждого такого участка в землю стекает ток, А:

$$dI_3 = I_3 dy/l, \quad (2.92)$$

который обуславливает возникновение элементарного потенциала  $d\varphi$ , В, в некоторой точке земли.

Нас интересует точка А на поверхности земли, отстоящая от оси стержневого заземлителя на расстоянии  $x$ , м.

Потенциал этой точки, В, обусловленный одним элементарным шаровым заземлителем:

$$d\varphi = dI_3 \rho / 2\pi m. \quad (2.93)$$

Учитывая, что расстояние от середины стержня до точки А рассчитывается по закону Пифагора –  $m = \sqrt{x^2 + y^2}$ , и заменяя  $dI_3$  его значением, получаем:

$$d\varphi = \frac{I_3 \rho dy}{2\pi l \sqrt{x^2 + y^2}}. \quad (2.94)$$

Интегрируя это уравнение по всей длине стержневого заземлителя (от 0 до  $l$ ), получим искомое уравнение для потенциала точки А, т. е. уравнение потенциальной кривой:

$$\varphi = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \int \frac{dy}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \cdot \ln \sqrt{\frac{x^2 + l^2 + l}{x}}, \quad (2.95)$$

Потенциал заземлителя  $\varphi_3$ , В, при  $x = 0,5d$ :

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \cdot \ln \sqrt{\frac{0,5d^2 + l^2 + l}{0,5d}}, \quad (2.96)$$

Здесь  $0,5d \ll l$ , следовательно, первым слагаемым под корнем можно пренебречь. Тогда это уравнение примет вид:

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \cdot \ln \frac{4l}{d}. \quad (2.97)$$

По условиям безопасности заземление, каким является по существу УВЭП, должно обладать сравнительно малым сопротивлением, обеспечить которое можно путем увеличения геометрических размеров одиночного заземлителя (электрода) или применением нескольких параллельно соединенных между собой электродов, именующихся в совокупности групповым заземлителем.

Элементарный подсчет показывает, что второй путь во много раз экономнее по затрате металла и другим условиям. Кроме того, при нескольких электродах можно выровнять потенциальную кривую на территории, где они размещаются, что в ряде случаев, в том числе и при выполнении УВЭП, играет решающую роль в обеспечении безопасности.

При бесконечно больших расстояниях между электродами группового заземлителя поля растекания токов вокруг них практически

не взаимодействуют, т. е. ток каждого электрода проходит по «своему», отдельному участку земли, в котором ток других заземлителей не проходит. В этом случае вокруг каждого электрода возникают самостоятельные потенциальные кривые, взаимно не пересекающиеся. При этом потенциалы всех электродов равны между собой, даже если электроды имеют разные размеры, а следовательно, через них проходят токи разного значения и их потенциальные кривые имеют разную форму.

При малых расстояниях между электродами группового заземлителя поля растекания токов как бы накладываются одно на другое, а потенциальные кривые электродов взаимно пересекаются и, складываясь, образуют непрерывную суммарную потенциальную кривую группового заземлителя.

В результате поверхность земли на участках между электродами приобретает некоторый потенциал. При этом форма суммарной потенциальной кривой зависит от расстояния между электродами, их взаимного расположения, числа, формы и размеров.

Поскольку электроды группового заземлителя связаны между собой электрически, они имеют одинаковый потенциал, являющийся потенциалом группового заземлителя.

Совершенно очевидно, что потенциал каждого электрода группового заземлителя состоит из собственного потенциала, обусловленного стеканием через него тока, и потенциалов, наведенных на нем полями других электродов, т. е.:

$$\varphi_{гр} = \varphi_{01} + \sum_2^n \varphi_n, \quad (2.98)$$

где  $\varphi_{01}$  – собственный потенциал первого электрода, В;

$n$  – количество электродов;

$\varphi_n$  – потенциал, наведенный на первом электроде одним из соседних, В. Он определяется по уравнению потенциальной кривой этого соседнего электрода с учетом расстояния между ними.

Так, если наводимым электродом является полушар радиусом  $r$ , то наводимый потенциал  $\varphi_n$  на другом электроде любой формы определяется уравнением:

$$\varphi_n = \varphi_0 r / x, \quad (2.99)$$

где  $\varphi_0$  – собственный потенциал полушара, В;

$x$  – ближайшее расстояние от центра полушара до поверхности электрода, на котором определяется  $\varphi_n$ , м.

В общем случае собственные потенциалы электродов не равны между собой, как не равны и потенциалы, наводимые другими электродами. Однако сумма собственного и всех наведенных на электроде потенциалов для всех электродов одинакова и равна  $\varphi_{гр}$ .

Если групповой заземлитель состоит из одинаковых электродов, размещенных по вершинам правильного многоугольника, то у электродов одинаковыми оказываются токи, стекающие через них в землю, а следовательно, и собственные потенциалы  $\varphi_0$  и сумма наведенных на каждом из них потенциалов  $\sum \varphi_n$ . В этом случае уравнение может быть записано так:

$$\varphi_{гр} = \varphi_0 + \sum \varphi_n. \quad (2.100)$$

Если одинаковые электроды группового заземлителя расположены на одинаковых расстояниях один от одного (а это может быть только при двух электродах или трех, размещенных в вершинах равностороннего треугольника), то у них оказываются одинаковыми не только собственные потенциалы  $\varphi_0$ , но и потенциалы, наводимые каждым из них на другие электроды  $\varphi_n$ . Для этих частных случаев уравнение принимает вид:

$$\varphi_{гр} = \varphi_0 + (n - 1) \varphi_n. \quad (2.101)$$

Напряжение прикосновения будет:

$$U_{пр} = \varphi_3 - \varphi_{ос}, \quad (2.102)$$

где  $\varphi_{ос}$  – потенциал основания, на котором стоит человек (животное).

Или:

$$U_{пр} = \varphi_3 \alpha_1, \quad (2.103)$$

где  $\alpha_1$  – коэффициент, называемый коэффициентом напряжения прикосновения или просто коэффициентом прикосновения, учитывающим форму потенциальной кривой:

$$\alpha_1 = 1 - \varphi_{ос} / \varphi_3 \leq 1. \quad (2.104)$$

Ток, стекающий в землю через человека (животное), стоящего на земле, полу и другом основании, преодолевает сопротивление не только тела человека (животного), но и сопротивление этого осно-

вания, вернее, тех его участков, с которыми имеют контакт подошвы ног человека (животного).

Сопротивление основания, на котором стоит человек (животное), правильней назвать сопротивлением растеканию тока основания ног; нередко это сопротивление именуют также сопротивлением растекания основания или сопротивлением растекания ног человека (животного).

Все положения, рассмотренные выше, справедливы для случаев, когда сопротивление растеканию основания, на котором стоит человек (животное), равно нулю. В действительных условиях это сопротивление не равно нулю и в ряде случаев имеет большое значение.

Следовательно, разность потенциалов  $\varphi_3 - \varphi_{oc}$ , равная  $\varphi_3\alpha_1$ , В, оказывается приложенной не только к сопротивлению тела человека (животного)  $R_h$ , Ом, но и к последовательно соединенному с ним сопротивлению основания  $R_{oc}$ , Ом, на котором стоит человек (животное), т. е.:

$$\varphi_3\alpha_1 = I_h(R_h + R_{oc}). \quad (2.105)$$

Заменив в этом выражении ток  $I_h$ , А, проходящий через человека (животное), его значением, получим:

$$\varphi_3\alpha_1 = U_{пр} \frac{R_h + R_{oc}}{R_h}, \quad (2.106)$$

откуда напряжение прикосновения с учетом падения напряжения в сопротивлении растеканию основания, В:

$$U_{пр} = \frac{\varphi_3\alpha_1 R_h}{R_h + R_{oc}}, \quad (2.107)$$

или

$$U_{пр} = \varphi_3\alpha_1\alpha_2, \quad (2.108)$$

где  $\alpha_2$  – коэффициент напряжения прикосновения, учитывающий падение напряжения в сопротивлении растеканию основания, на котором стоит человек (животное):

$$\alpha_2 = \frac{1}{1 + \frac{R_{oc}}{R_h}}. \quad (2.109)$$

В области защитных устройств от поражения током – заземления, зануления и др. – интерес представляют в первую очередь напряжения между точками на поверхности земли (или иного основания, на котором стоит человек) в зоне растекания тока с заземлителя. В этом случае напряжением шага будет являться разность потенциалов  $\varphi_x$ , В, и  $\varphi_{x+a}$ , В, двух точек на поверхности земли (пола) в зоне растекания тока, которые находятся на расстоянии  $x$  и  $(x + a)$  от заземлителя, а одна от другой на расстоянии шага и на которых одновременно стоит человек (животное). Таким образом, напряжение шага будет, В:

$$U_{ш} = \varphi_x - \varphi_{x+a}, \quad (2.110)$$

Напряжение шага представляет собой также падение напряжения в сопротивлении тела человека (животного), В:

$$U_{ш} = I_h R_h, \quad (2.111)$$

где  $I_h$  – ток, проходящий через человека (животное) по пути «нога – нога», А;

$R_h$  – сопротивление тела человека (животного), Ом.

Поскольку  $\varphi_x$  и  $\varphi_{x+a}$  являются частями потенциала заземлителя  $\varphi_3$ , разность их также есть часть этого потенциала. Поэтому мы вправе записать так:

$$U_{ш} = \varphi_3\beta_1, \quad (2.112)$$

где  $\beta_1$  – коэффициент напряжения шага, или просто коэффициент шага, учитывающий форму потенциальной кривой:

$$\beta_1 = \frac{\varphi_x - \varphi_{x+a}}{\varphi_3} < 1, \quad (2.113)$$

Напряжение шага при одиночном заземлителе зависит от формы потенциальной кривой, т. е. от типа заземлителя, и изменяется от некоторого максимального значения до нуля с изменением расстояния от заземлителя.

Максимальные значения  $U_{ш}$  и  $\beta_1$  будут при наименьшем расстоянии от заземлителя, когда человек (животное) одной ногой стоит непосредственно на заземлителе, а другой – на расстоянии шага от него. Объясняется это тем, что потенциал вокруг заземлителя распределяется по вогнутым кривым и, следовательно, наибольший перепад оказывается, как правило, в начале кривой.

Наименьшие значения  $U_{ш}$  и  $\beta_1$  будут иметь при бесконечно большом удалении от заземлителя, а практически за пределами поля растекания тока, т. е. дальше 20 м. В этом месте  $U_{ш} \approx 0$  и  $\beta_1 \approx 0$ .

Напряжение шага при групповом заземлителе меньше, чем при одиночном заземлителе, но также изменяется от некоторого максимального значения до нуля при удалении от электродов.

Максимальное напряжение шага будет, как и при одиночном заземлителе, в начале потенциальной кривой, т. е. когда человек (животное) одной ногой стоит непосредственно на электроде, а другой – на расстоянии шага от него.

Минимальное напряжение шага соответствует случаю, когда человек (животное) стоит на точках с одинаковыми потенциалами; в этом случае  $U_{ш} = 0$ .

Как и в случае напряжения прикосновения, разность потенциалов между двумя точками, на которых стоит человек (животное), т. е.  $\varphi_3\beta_1 = \varphi_x - \varphi_{x+a}$ , В, делится между сопротивлением тела человека (животного) и последовательно соединенным с ним сопротивлением растеканию основания, на котором он стоит,  $R'_{oc}$ , Ом.

В данном случае сопротивление основания складывается из двух последовательно соединенных сопротивлений растеканию ног человека (животного):  $R'_{oc} = 2R_n$ .

Следовательно:

$$\varphi_3\beta_1 = I_h(R_h + R'_{oc}) = U_{ш} \frac{R_h + 2R_n}{R_h}, \quad (2.114)$$

откуда напряжение шага, В:

$$U_{ш} = \frac{\varphi_3\beta_1 R_h}{R_h + 2R_n}, \quad (2.115)$$

или

$$U_{ш} = \varphi_3\beta_1\beta_2, \quad (2.116)$$

где  $\beta_2$  – коэффициент напряжения шага, учитывающий падение напряжения в сопротивлении растеканию основания, на котором стоит человек (животное):

$$\beta_2 = \frac{1}{1 + \frac{2R_n}{R_h}}. \quad (2.117)$$

При выполнении УВЭП стержнями с разрежением к центру могут возникнуть ситуации, при которых выравнивание потенциалов может быть недостаточным для животных (человека), находящихся ближе к середине помещения фермы КРС.

Рассмотрим эти ситуации, пользуясь зависимостями, приведенными выше, на примере четырехрядного коровника на 200 голов привязного содержания размером 21×78 м; стойла шириной 1,2 м и длиной 1,9 м, имеются два кормовых прохода шириной 2,25 м и три навозных прохода – два пристенных шириной 1,3 м и один в середине помещения (по длине) шириной 2,5 м.

В коровнике должно быть смонтировано в каждом ряду по 13 стержневых заземлителей, в целом по зданию –  $n = 52$ . Длина каждого стержня  $l$  должна быть не менее 0,5 длины стойла, т. е. в нашем случае принимаем  $l = 1$  м ( $> 1,9/2$  м). Диаметр стержней  $d$  выбирается с учетом удельного электрического сопротивления грунта  $\rho$  (коррозийной активности грунта), а для существующих животноводческих помещений  $d > 12$  мм при использовании нецинкованной стали. Таким образом, расчет выполняем при  $\rho = 5, 10, 20, 60, 70, 100, 140$  Ом·м со стержнями выравнивающего устройства из нецинкованной стали диаметром 12–18 мм.

Для данного коровника на 200 голов получаем, что максимальное расстояние будет между пятым и шестым, восьмым и девятым стержнями каждого ряда, между которыми насчитывается по 6 стойл, т. е.  $a_{6,8} = 7,2$  м. Максимальные напряжение прикосновения и напряжение шага будут воздействовать на коров, стоящих посередине этих промежутков, а расстояние до задних ног коровы равно 4,1 м.

Предполагаем, что на металлоконструкции фермы попадает фазное напряжение ( $U_3 = U_\phi = 220$  В) вследствие неэффективного срабатывания зануления при замыкании фазы на открытые проводящие части или из-за нарушения требований безопасности при выполнении в коровнике электросварочных работ с неисправным устройством снятия напряжения при разрыве дуги (что наблюдается достаточно часто), а также в некоторых других случаях.

Ввиду сложности рассматриваемого группового заземлителя (УВЭП) с неравномерным шагом определить с приемлемой погрешностью коэффициенты напряжений прикосновения и шага  $\alpha_1$  и  $\beta_1$  расчетным путем весьма затруднительно. Для этой цели воспользуемся опытными данными: принимаем  $\alpha_1 = 0,14$ ,  $\beta_1 = 0,08$ . Коэффициенты  $\alpha_2$  и  $\beta_2$  будут равны 1, так как ноги животного имеют непосредственный контакт с основанием (полом), на котором

оно стоит, а копыта влажные (в отличие от обуви человека) и сопротивлением  $R_{oc}$  можно пренебречь.

Таким образом, получаем:

$$\alpha_1\alpha_2 = 0,14;$$

$$\beta_1\beta_2 = 0,08.$$

Полученные в результате расчета данные по проверке эффективности выравнивания электрических потенциалов с помощью стержневых заземлителей на примере коровника на 200 голов привязного содержания сводим в таблицу 2.8.

Таблица 2.8

Показатели эффективности УВЭП

$\rho$ , Ом · м	$d$ , м	$R_1$ , Ом	$R_{нз}$ , Ом	$I_3$ , А	$\varphi_x$ , В	$U_{пр}$ , В	$U_{ш}$ , В
5	0,018	4,04	0,15	53,0	10,1	1,4	0,8
10	0,018	8,08	0,30	51,2	19,6	2,7	1,6
20	0,014	16,9	0,61	47,7	36,5	5,1	2,9
60	0,014	50,7	1,83	37,7	86,4	12,1	6,9
70	0,014	59,1	2,23	35,1	93,9	13,1	7,5
100	0,014	84,5	3,19	30,6	116,9	16,4	9,4
140	0,012	121,9	4,60	25,6	137,0	19,2	11,0

Как видно из таблицы 2.8, эффективность защиты животных от поражения электрическим током путем выполнения УВЭП из стержневых заземлителей с увеличением расстояния между ними от периферии к центру по арифметической прогрессии не всегда может быть обеспечена и при известных параметрах УВЭП зависит, в первую очередь, от удельного электрического сопротивления грунта в месте строительства. В частности, для принятых исходных данных получено, что напряжение прикосновения превышает допустимое значение (12 В) при удельном электрическом сопротивлении грунта  $\rho > 60$  Ом · м.

## 2.9. Вопросы обеспечения безопасности труда в растениеводстве

От общего количества производственных несчастных случаев в сельском хозяйстве на растениеводство приходится до 25 %. При этом статистика свидетельствует, что наиболее часто страдают

трактористы и водители автомобилей. Большое количество несчастных случаев происходит при сцепке и расцепке трактора с сельскохозяйственной машиной (наезд на сцепщика); при запуске двигателя с включенной передачей, при трамбовке силоса, отдыхе в зоне работы машин, маневрировании техники на рабочих площадках, в узких проходах, тамбурах; при выполнении ремонтных работ с включенным двигателем и незаторможенным трактором или прицепом (наезд на исполнителя работ при самопроизвольном движении техники под уклон, самовключении передачи); при попытке вскочить на ходу в тракторную тележку, кузов автомобиля, в других случаях.

До 20 % несчастных случаев со смертельным исходом связано с опрокидыванием тракторов, прицепов, комбайнов, другой сельскохозяйственной техники. Травмы происходят при смятии кабины из-за ее недостаточной жесткости и при попадании людей под опрокинутые машины.

В связи с изложенным, должностные лица, ответственные за организацию и безопасную эксплуатацию машин, обязаны: закреплять машину и сменное оборудование персонально за каждым механизатором приказом по предприятию; при временной передаче машины другому механизатору оформлять соответствующее письменное распоряжение; оборудовать специальные площадки для временного и постоянного хранения тракторов, сельскохозяйственных и специальных машин, транспортных средств, исключая выезд техники без разрешения администрации; назначать старшего на работах, в которых заняты два и более человека; не допускать к работе рабочих, служащих и колхозников, находящихся в нетрезвом состоянии; отстранять от работы лиц, нарушающих требования нормативных документов по охране труда, допускать их к работе только после прохождения внепланового инструктажа или внеочередной проверки знаний; проводить обучение рабочих и служащих методам и приемам оказания первой доврачебной помощи при несчастных случаях; в установленном порядке вносить предложения о снижении классности трактористам-машинистам, нарушающим требования инструкций по охране труда; выделять, обозначать и оборудовать специальные места для приема пищи и кратковременного отдыха работающих в поле, лесу и на других участках; поддерживать необходимое санитарное состояние производственных участков и бытовых помещений; не допускать к работе на машинах и механизмах лиц без спецодежды, с незаправленной и неза-



стегнутой спецодеждой и не подобранными под головной убор свисающими волосами.

Передвижение агрегатов к месту работы и выполнение работ должны производиться в соответствии с заранее разработанными маршрутами и технологией, утвержденными руководителем или соответствующим главным специалистом предприятия, с которыми должны быть ознакомлены при проведении инструктажа все механизаторы, участвующие в выполнении того или иного вида работ.

При организации работ машинно-тракторных агрегатов должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала. Нахождение в кабине трактора, а также на участке производства работ лиц, не связанных с выполнением технологического процесса, не допускается. Количество людей, перевозимых на тракторе, определяется количеством мест в кабине. При движении техники запрещается садиться в машины и выходить из них. В темное время суток машины должны работать со всеми источниками света, предусмотренными конструкцией машины.

При групповой работе машин из числа работающих на них назначается старший. На машинно-тракторном агрегате старшим является тракторист-машинист, на комбайнах – комбайнер.

Новые машины до ввода в эксплуатацию, а также после их ремонта или длительного хранения следует подвергать обкатке под руководством бригадира, помощника бригадира или механика с соблюдением технических условий и безопасных приемов работы. Запрещается вводить в эксплуатацию машины, не прошедшие обкатки.

Перед запуском двигателя тракторист должен убедиться в том, что рычаги управления коробкой передач, гидросистемой, валом отбора мощности, рабочими органами находятся в нейтральном или выключенном положении, муфта сцепления выключена. В зоне возможного движения машин или агрегатов, а также под ними не должно быть людей.

Перед началом движения трактора необходимо подать звуковой сигнал, убедиться в отсутствии людей на пути движения и только после этого плавно трогать трактор с места.

При сцепке сельхозмашины с трактором подъезжать к машине (орудию) надо на низшей передаче, плавно, без рывков. При этом тракторист обязан наблюдать за командами прицепщика, ступни ног держать на педали муфты сцепления и тормоза, чтобы в случае необходимости быстро остановить машину. Соединять прицепное

устройство можно только при полной остановке трактора по команде тракториста. Во время навески или прицепки машины тракторист обязан установить рычаг коробки переключения передач в нейтральное положение, а ногу держать на тормозе.

Тормозная система транспортных средств подключается к трактору, и транспортные средства дополнительно соединяются с трактором страховочной цепью. Тормозные системы должны обеспечивать максимальный тормозной путь (время от начала торможения до полной остановки машины), который можно определить по упрощенным формулам:

$$- \text{ для тракторов: } l_0 = 0,1v_0 + v_0^2/90;$$

$$- \text{ для самоходных сельскохозяйственных машин: } l_0 = 0,18v_0 + v_0^2/90,$$

где  $l_0$  – максимально допустимый тормозной путь, м;

$v_0$  – скорость машин в момент начала торможения, км/ч.

Причем среднее замедление в процессе торможения должно быть не менее 3,5–2,8 м/с<sup>2</sup>.

Места работы техники должны быть обследованы, а опасные участки (канавы, рытвины, крутые склоны, крупные камни и др.) обозначены вешками.

Устранять технические и технологические неполадки надо при выключенном вале отбора мощности (или гидроприводе) и заглушенном двигателе. Навесные машины необходимо опустить на землю либо установить на надежные подставки. Если в процессе эксплуатации возникает необходимость демонтажа колеса, то под остальные колеса надо установить надежные упоры, домкрат поставить на твердое основание, под задний мост поместить подставку, включить передачу.

В сложных погодных условиях (после дождя, снегопада, особенно в гололедицу) возрастает опасность заносов, сползаний, опрокидываний, увеличивается тормозной путь. Необходимо принять дополнительные меры, снижающие опасное влияние этих неблагоприятных факторов. Дороги посыпают гравием, на колеса крепят цепи противоскольжения, устанавливают дополнительные грузы (для увеличения сцепного веса), уменьшают скорости движения, увеличивают дистанции между машинами и агрегатами, используют специальные приемы торможения. В этом случае трансмиссия и кривошипно-шатунный механизм двигателя при уменьшении подачи топлива в двигатель используются как инерционные массы для дополнительного торможения.

Перед началом ночных работ технику необходимо заранее заправлять топливом, тщательно осматривать. Особое внимание обращается на системы освещения, выбираются ориентиры, места остановок и дислокации техники, места отдыха.

Автобусы и грузовые автомобили, предназначенные для перевозки людей, должны укомплектовываться дополнительно вторым огнетушителем, при этом один огнетушитель находится в кабине водителя, второй – в пассажирском салоне автобуса или кузове автомобиля.

При направлении в дальний рейс (продолжительностью более 1 суток) грузовые автомобили и автобусы должны дополнительно снабжаться металлическими козелками, лопатой, буксирным приспособлением, предохранительной вилкой для замочного кольца колеса, а в зимнее время – еще и цепями противоскольжения.

Водитель может выезжать на линию только после прохождения предрейсового медицинского осмотра и соответствующей отметки об этом в путевом листе. Администрация обязана перед выездом информировать водителя об условиях работы на линии и особенностях перевозимого груза.

Администрация не имеет права:

а) заставлять водителя выезжать на автомобиле, если его техническое состояние и дополнительное оборудование не соответствуют Правилам дорожного движения, Правилам технической эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта, Правилам по охране труда на автомобильном транспорте;

б) направлять водителя в рейс, если он не имел до выезда отдыха, предусмотренного действующим законодательством о труде.

Запрещается во время стоянки водителям, грузчикам и другим лицам отдыхать или спать в кабине, салоне или закрытом кузове при работающем двигателе.

При организации безопасной эксплуатации автомобилей в зимнее время (движение по ледовым дорогам, в условиях бездорожья, переправы через водоемы) должны учитываться дополнительные требования. Соблюдения особых требований безопасности требует эксплуатация газобаллонных автомобилей, а также автомобилей в условиях радиоактивного загрязнения.

Одним из основных оценочных показателей, характеризующих состояние охраны труда на сельскохозяйственном предприятии, является обобщенный коэффициент уровня охраны труда, рассмотренный в § 1.5. Учитывая специфичность растениеводческой отрас-

ли, характеризующейся, в том числе, высокой концентрацией работ (сев, уборка) при непрерывном осложнении природных условий, предлагается здесь использовать дополнительный показатель безопасности труда, отражающий степень предотвращения группы вредных и опасных производственных факторов (ВОПФ) по одному из трех вариантов:

1) по числу фиксированных положений возможных и предупрежденных появлений ВОПФ, связанных зависимостью:

$$P_{\delta i} = \Pi_{\text{при}} / \Pi_{\text{ои}}, \quad (2.118)$$

где  $P_{\delta i}$  – безопасность объекта по  $i$ -му ВОПФ;

$\Pi_{\text{при}}$  – число фиксированных положений, в которых  $i$ -й ВОПФ предотвращен;

$\Pi_{\text{ои}}$  – общее число фиксированных положений возможного проявления  $i$ -го ВОПФ;

2) по фиксированным площадям проявления опасных и вредных производственных факторов:

$$P_{\delta i} = S_{\text{при}} / S_{\text{ои}}, \quad (2.119)$$

где  $S_{\text{при}}$  – фиксированная площадь, на которой  $i$ -й ВОПФ предотвращен;

$S_{\text{ои}}$  – общая фиксированная площадь, на которой возможно проявление  $i$ -го ВОПФ;

3) по вероятности проявления опасных и вредных производственных факторов:

$$P_{\delta i} = P_{\text{фи}} / P_{\text{ни}}, \quad (2.120)$$

где  $P_{\text{фи}}$  – фактическая вероятность предотвращения  $i$ -го ВОПФ;

$P_{\text{ни}}$  – нормативное значение вероятности проявления  $i$ -го ВОПФ.

Обобщенный показатель безопасности труда на объекте по группе производственных факторов определяется из отношения:

$$P_{\delta i} = N_{\text{фи}} / N_{\text{ои}}, \quad (2.121)$$

где  $P_{\delta i}$  – безопасность труда по  $i$ -й группе ВОПФ;

$N_{\text{фи}}$  – число предотвращений ВОПФ по  $i$ -й группе;

$N_{\text{ои}}$  – общее количество ВОПФ  $i$ -й группы.

Рассчитанные по формулам показатели изменяются от 0 до 1.

Работающие в зонах радиоактивного загрязнения могут получить внешнее облучение от почвы, растений, машин и механизмов, внутреннее облучение – при вдыхании пыли, содержащей радионуклиды, и приеме зараженной пищи, а также контактное заражение – от загрязненной радионуклидами одежды, обуви и др.

Одним из основных способов снижения вредного воздействия радиации является максимально возможное сокращение времени нахождения работающих в экологически неблагоприятных условиях на основе уточнения агротехнических требований с целью уменьшения количества технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур, а также исключение простоев людей и техники в поле, сокращение затрат ручного труда и числа вспомогательных рабочих. Здесь должны быть учтены некоторые особенности.

Сельскохозяйственные угодья загрязняются радиоактивными веществами неравномерно. На почвах с ненарушенной структурой до 90 % радионуклидов содержится в верхнем (0–5 см) слое. Этот слой сравнительно легко можно захоронить вспашкой на глубину ниже 4–5 см пахотного слоя с оборотом пласта. Для этого целесообразно использовать специальный двухъярусный плуг или болотный плуг, оборудованный дисковыми ножами и полувинтовыми корпусами. При применении плуга общего назначения он оснащается предплужниками и винтовыми отвалами, обеспечивающими полный оборот пласта.

В зоне загрязнения цезием свыше 5 и стронцием свыше 0,3 Ки/км<sup>2</sup> все операции по обработке почвы необходимо производить широкозахватными и комбинированными агрегатами, что позволит снизить количество проходов по полю и этим самым уменьшить время пребывания механизаторов в загрязненной среде. Обработку почвы в последующие годы целесообразно выполнять безотвальным способом с использованием чизельных культиваторов, глубокорыхлителей-удобрителей, широкозахватных плоскорезных культиваторов и др. В данном случае необходимо более пристальное внимание уделить применению эффективных и малотоксичных гербицидов и снижению ветровой эрозии почв. При скорости ветра более 7 м/с тонкодисперсные частицы (менее 0,1 мм) способны подниматься на значительную высоту и перемещаться на десятки километров. Такая технология, основанная на минимальной обработке почвы, призвана уменьшить размеры вторичного ее загрязнения радионуклидами, повысить производительность

работающей техники, сократить количество занятых на загрязненных землях людей.

Например, глубокое рыхление – чизелевание – на 35–40 см позволяет снизить накопление радионуклидов в растениях в 1,5–3 раза. При этом происходит перемешивание радионуклидов на разной глубине их нахождения (активизируется сорбционное закрепление) без выноса в верхние слои, улучшаются воздушно-водный и биологический режимы питания растений, при работе уменьшается радиоактивный пылеперенос.

На загрязненных радионуклидами землях должна применяться также специальная технология уборки. Зерновые культуры, например, следует убирать прямым комбайнированием на высоте среза 15–20 см.

Для снижения загрязненности кормов уборку трав и кукурузы также надо производить на высоком срезе (12–15 см), а досушивание сена – методом активного вентилирования. Целесообразна заготовка консервированных кормов и силоса. Кормоуборочные работы рекомендуется вести в дождевой период (с целью уменьшения пыли) с закладкой на хранение переувлажненной массы с добавками химконсервантов или сухой растительной массы (соломы из районов, не подвергшихся загрязнению), а при отсутствии осадков – вести работы в часы обильного выпадения росы. Следует иметь в виду также, что фрезерование и вспашка на суходольных и пойменных лугах приводят к уменьшению перехода радионуклидов в травостой соответственно в 1,2–1,5 и 2,3–2,8 раза на суходольных и 1,2–1,9 раза на пойменных лугах, а коренное улучшение пастбищ с внесением извести и минеральных удобрений – в 3,5–4 раза. В этом случае при выпасе коров на угодьях без обработки концентрации цезия в молоке в 4 раза выше, чем на перезалуженных.

Необходимо до минимума сократить затраты ручного труда и число вспомогательных рабочих на поле за счет применения прямого комбайнирования на уборке основных культур и использования всевозможных автопогрузчиков. Послеуборочную очистку и сортировку клубней картофеля следует сосредоточить на стационарных сортировальных пунктах с соблюдением всех требований по радиационной безопасности людей, работающих на переборке клубней. Экспериментально установлено, что через рабочие органы картофелеуборочного комбайна проходит до 1500 т земли с гектара. Упрощенная технология уборки картофеля в загрязненных районах вызывает поступление с клубнями значительного количества

земли: на одну тонну клубней приходится 250–300 кг почвы. Однако после переборки картофеля на каждом клубне фиксируется до 5–8 г почвы, т. е. перенос радионуклидов не превышает одного процента их начального количества. Камни и почву, отделенные от клубней, необходимо ежедневно вывозить за пределы сортировального пункта для захоронения. Удаление ботвы с помощью химпрепаратов уменьшает величину вторичного переноса радионуклидов в 1,8 раза.

Кроме осуществления различных технологических приемов, способствующих повышению безопасности в экологически неблагоприятных условиях, при выполнении работ в растениеводстве и животноводстве необходимо также соблюдение определенных правил использования техники.

Целесообразно осуществлять максимальную подготовку агрегатов вне поля: настройку и регулировку, заправку емкостей материалами и т. д., а также предварительную подготовку самого поля: разбивку на загоны, очистку от посторонних предметов, определение мест загрузки и разгрузки и т. д. Повышаются требования к комплектованию комплексных технологических отрядов, четкости и слаженности взаимодействия звеньев. Должно применяться преимущественно групповое использование техники, при котором можно эффективнее организовать ее техническое обслуживание, однако при этом организация рабочего процесса должна исключать попадание пыли с одного агрегата на другой.

При комплектовании агрегатов необходимо максимально использовать автоматизированные сцепки и совмещение операций, дозправку производить по возможности в поле. При движении техники на пыльных дорогах и на полях должна быть увеличена дистанция между машинами, чтобы пыль успела осесть или сместиться в сторону до подхода следующей машины. Должен быть определен регламент минимального технологического обслуживания механизатором в поле на операциях, включая контроль работы в поле.

Следует уделять самое пристальное внимание уменьшению простоев техники (по организационным и техническим причинам), достигающих до 50 % рабочего времени смены. Здесь большое значение имеет создание эффективной системы оперативного управления работой машин на базе современных средств сбора и переработки информации и диспетчерской службы. По имеющимся данным, функционирование такой системы в хозяйствах позволяет сократить простой техники в 2–2,5 раза, повысить производительность агрегатов

в целом на 8–12 % и снизить эксплуатационные издержки на 4–6 %. Сокращение сроков выполнения сельскохозяйственных работ и соответственно времени нахождения работников в условиях производственных вредностей при радиоактивном загрязнении за счет интенсификации управления во многих случаях превышает результат, получаемый путем увеличения числа агрегатов, а оптимальное управление техникой в настоящее время возможно лишь при широком применении средств автоматизации и вычислительной техники. Например, применение в Германии радиопереговорных устройств фермеров с работниками подвижных средств дает возможность увеличить дневную выработку машин на 10 %.

Кроме того, для предупреждения длительных простоев техники и транспортных средств из-за незначительных поломок требуется постоянное техническое обслуживание агрегатов в поле. В зонах радиоактивного загрязнения целесообразно формировать звенья по техобслуживанию техники. Звено, состоящее из механика-водителя и слесаря-наладчика, снабжено специальным автомобилем-мастерской с радиостанцией. Техническое оснащение этой мастерской должно обеспечивать простые сварочные и слесарные работы непосредственно в поле, иметь запас основных деталей, наиболее подверженных износу. При возможности ремонт следует проводить агрегатным методом. В случае необходимости заправки техники горючим в течение смены эту операцию также целесообразно проводить в поле. При семичасовом рабочем дне во время полевых работ заправочный агрегат начинает работу в 6 ч утра и заканчивает первую заправку в 10 ч, вторую начинает в 17 ч и заканчивает в 20 ч. В напряженный период при десятичасовом рабочем дне организуют работу агрегата в две смены.

При механизированной обработке загрязненных радионуклидами почв значительную опасность для персонала представляет также ингаляционный путь их поступления в организм, который связан с техногенным пылевым подъемом. Наблюдается увеличение удельной радиоактивности пыли по сравнению с почвой, с поверхности которой она поднимается. Подбор валков в большей степени приводит к запылению, чем прямое комбайнирование, более рационально досушивание сена на стационаре, чем многократное ворошение на поле и т. д. Наибольшую опасность представляет вдыхание радионуклидов плутония (трансурановых).

Основным рабочим местом механизатора во время работы является, как известно, кабина трактора или комбайна. При непринятии

соответствующих защитных мер концентрация почвенной пыли в кабинах тракторов, по наблюдениям, достигала  $100 \text{ мг/м}^3$ , а на прицепных агрегатах –  $3800 \text{ мг/м}^3$ , что во всех случаях было выше, чем на почве. Работа на сельскохозяйственных угодьях с плотностью загрязнения по плутонию  $0,6\text{--}0,7 \text{ Ки/км}^2$  обуславливала в воздухе кабин тракторов концентрацию  $\alpha$ -излучающих нуклидов, в 10 раз превосходящую допустимую, а удельная радиоактивность плутония на респираторной фракции почвенной пыли достигала 40 % от общей удельной активности образующейся пыли. Это особенно актуально, так как около 70 % активных частиц находится в слое почвы толщиной 0–1 см, т. е. практически на поверхности.

Тщательная герметизация кабин тракторов позволяет уменьшить концентрацию пыли в воздухе на рабочем месте механизатора в 10–100 раз, а радиоактивных веществ – в 5–8 раз по сравнению с обычными кабинами. Однако при небрежной работе по герметизации кабин и низкой надежности уплотнений в такой кабине может быть опаснее, чем снаружи или при открытых дверях. Это вызывается тем, что в пыли плохо загерметизированных кабин преобладают в основном мелкодисперсные частицы диаметром 1–5 мкм (до 54 %), которые обладают в 10–15 раз большей мощностью излучения.

Поэтому защита кабин от проникновения в них радиоактивных веществ должна быть комплексной, предусматривающей очистку поступающего в кабину воздуха в совокупности с герметизацией.

Чистота воздуха в кабине обеспечивается созданием в ней избыточного давления порядка 25–30 мм водяного столба. В течение смены допускается снижение этого давления до 10–15 мм водяного столба при условии соблюдения величины запыленности воздуха в кабине согласно ГОСТ 12.2.019-86. Указанный воздушный поток создается на энергонасыщенных тракторах и зерноуборочных комбайнах с помощью воздухоохладителя. На тракторах и кормоуборочных комбайнах отечественного производства для этих целей применяется система конструкции МТЗ. Установка запитывается от бортсети трактора и обеспечивает многократный обмен воздуха благодаря вентиляторам. Воздух очищается, проходя через легко-меняемый фильтр, охлаждение же воздуха обеспечивается прохождением его через водяной испаритель. Для контроля величины подпора воздуха в кабине применяется дифманометр-напорометр с установкой его в месте, исключающем попадание на датчик прямого потока воздуха и удобным для наблюдения.

Создание микроклимата на рабочем месте механизатора оказывает большое влияние на его самочувствие, безопасность и производительность труда. Это особенно актуально в условиях максимальной герметизации кабины. Здесь играет роль сочетание температуры, скорости движения воздуха и влажности. Устройство, подающее воздух в кабину, должно иметь регулирование, обеспечивающее подвижность воздуха не более 0,5 м/с при его температуре до  $+22 \text{ }^\circ\text{C}$  и не более 1,5 м/с при температуре в кабине выше  $+22 \text{ }^\circ\text{C}$ . Система фильтровентиляции и охлаждения воздуха должна обеспечивать чистоту воздуха от пыли, а также повышение температуры в кабине не более чем на 2–3  $^\circ\text{C}$  по сравнению с температурой внешнего воздуха, но не выше  $+28 \text{ }^\circ\text{C}$  при относительной влажности воздуха 40–60 % и не выше  $+26 \text{ }^\circ\text{C}$  при относительной влажности 60–80 %.

Для обеспечения герметизации кабин производится их дооборудование с помощью специального комплекта материалов и приспособлений. На дверях, люках и окнах устанавливаются дополнительные фиксаторы, обеспечивающие их плотное прилегание. Места ввода органов управления, гидро- и электропроводки уплотняются дополнительными манжетами с зажимами-хомутами. Применяется двойное уплотнение дверей, стыки уплотнителей стекол должны быть склеены. Швы кабины, сваренные точечной сваркой, покрывают уплотнительной мастикой. Шумопоглощающие панели изготавливают легкоъемными, на основе водостойкого картона. В случае применения несъемных элементов обеспечивают их плотное прилегание к панели без складок, в которые может попасть пыль. Детали комплекта герметизации в зависимости от их конструкции и назначения крепятся на тракторе (комбайне) болтовыми соединениями или приклеиваются. Перед установкой чехлов, фланцев, накладок и прокладок комплекта следует тщательно отрихтовать детали герметизируемых соединений, что обеспечит получение должного эффекта и правильную установку деталей. Места, к которым приклеиваются элементы герметизации, предварительно обезжиривают ацетоном или бензином.

В условиях обеспечения максимальной герметизации кабин от проникновения радиоактивной пыли особое значение кроме использования на них принудительной системы вентиляции и охлаждения имеет также установка защиты водителя от прямых солнечных лучей и уменьшения теплопритоков. Она представляет собой набор солнцезащитных жалюзи на окнах кабины. Могут также ис-

пользоваться для этих целей специальные, не пропускающие солнечные лучи стекла или солнцезащитная пленка на окнах. Однако при установке дополнительных или специальных средств на окна кабины видимость и обзор рабочего и транспортного пространства не должны уменьшаться.

Дополнительные средства на кабине не должны в целом усложнять условий эксплуатации и ежедневного технического обслуживания машин на всех видах работ. Электроприводы дополнительных средств и установок фильтровентиляции и охлаждения должны соответствовать характеристикам систем электрооборудования оснащаемых технических средств. Для меньшего забивания фильтров пылью их воздухозаборные патрубки должны располагаться не ниже крыши кабины.

При мойке запрещается направлять струю жидкости в зону размещения воздухозаборного устройства, так как при попадании воды в фильтры снижаются или полностью теряются их защитные свойства.

Ежесменное техническое обслуживание системы фильтрации заключается в ее внешнем осмотре, проверке работоспособности и устранении обнаруженных неисправностей герметизирующих приспособлений. Периодическое обслуживание проводится совместно с ТО-1 и ТО-2 тракторов и комбайнов, но не реже одного раза в месяц и включает замену фильтрующих элементов, проверку уплотнителей и коммуникаций и устранение неисправностей. Для консервации системы фильтрации входное отверстие и корпус фильтра закрываются водонепроницаемой пленкой.

Кроме того, работающая в зоне радиоактивного загрязнения техника может быть заражена выше допустимых уровней. Наиболее подвержены радиоактивному загрязнению рабочие органы, шероховатые и замасленные поверхности, воздухо- и маслоочистительные фильтры, элементы ходовой части сельскохозяйственных машин. Это может являться дополнительным источником радиоактивного заражения работающих.

При радиоактивном загрязнении объектов сельскохозяйственной техники, превышающем допустимые нормы, проводится их дезактивация путем соответствующей обработки. Контроль загрязненности выполняют при ежедневном техническом обслуживании машин, при приемке их в ремонт или по специальному распоряжению. В кабине трактора (комбайна) радиоактивное загрязнение контролируют на уровне пола, сиденья, спинки сиденья и зоны

дыхания. Обработку объекта начинают с верхней его точки. Стекланные предметы следует дезактивировать обычными химическими средствами, из которых наиболее подходящим является раствор хромовой кислоты. Можно также применять концентрированную азотную кислоту, аммониевую соль лимонной кислоты и другие сертифицированные моющие средства. Металлические инструменты, ручки и подобные им принадлежности следует обмывать дезактивирующим раствором и чистить щеткой для удаления внедрившегося загрязнения. Если этого недостаточно, можно использовать более сильные средства, например, 10 %-ный раствор лимоннокислого натрия или азотной кислоты. Нержавеющая сталь может обрабатываться серной кислотой или соответствующей политугой. Если дезактивация вызывает коррозию металла, то ликвидировать последующее загрязнение будет значительно труднее, поэтому дезактивируемую поверхность желательно покрыть слоем глянцевой краски. Воздухоочистительные фильтры, водяные и масляные радиаторы снимают с объекта и протирают растворителями, при необходимости их собирают в отведенных для этой цели местах, затем отправляют на обработку в моечных машинах ремпредприятий. Все обрабатываемые поверхности должны, как правило, обмываться, а не очищаться сухим способом с целью предотвращения загрязнения радиоактивной пылью. При невозможности этого можно использовать чистку пылесосом. Дезактивацию техники проводят на пунктах специальной обработки (дезактивации), оборудованных в ремонтных мастерских, на пунктах техобслуживания машин, специализированных полевых станах хозяйств и ремонтно-обслуживающих предприятиях Минсельхозпрода. Указанные пункты оснащаются необходимыми техническими средствами, материалами, приборами, емкостями для воды и растворов, инструментом. При этом следует предусмотреть меры, исключающие загрязнение окружающей среды использованными растворами и обтирочными материалами.

### 3. НОРМАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОФЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ

#### 3.1. Методологические предпосылки прогнозирования производственно-обусловленной заболеваемости

Любая статистическая информация по производственно-обусловленной заболеваемости предполагает рассмотрение не отдельных участников трудового процесса, а производственных (рабочих) коллективов, состоящих из  $n$  работников. При этом число  $n$  может меняться от двух-трех человек до нескольких тысяч.

Современные рабочие коллективы, состоящие из специалистов разного возраста, социального уровня и образования, представляют собой сложные социальные системы. Это позволяет говорить о необходимости создания методов исследования и прогнозирования динамических свойств таких систем, в первую очередь профзаболеваемости и производственного травматизма. Методы эти могут быть как экспериментальными, так и теоретическими. Акцент на экспериментальные подходы означает необходимость значительных материальных затрат. Выигрышной в этом смысле является разработка теоретического подхода. Он позволит перейти к широкому применению новых информационных технологий. Несмотря на то, что в охране труда существуют многочисленные теоретические методы исследования социальных систем, применение их для решения поставленной задачи ограничивается значительной сложностью, недоступностью для специалистов смежных областей, невозможностью их использования для анализа сложных систем. По нашему мнению, в настоящее время сложились условия для разработки теоретического подхода, который базировался бы на достижениях прикладной математики, электротехники и теории подобия. При этом обеспечивая универсальность теоретических методов, простоту, доступность и наглядность. Кроме этого, удастся снизить размерность математической модели за счет реализации процедуры

декомпозиции при достаточной точности и сокращении расчетного времени на компьютерной технике.

Одной из основных задач управления безопасностью труда на предприятии является снижение профессионального риска. Минимизация степени риска может быть достигнута за счет снижения частоты и степени тяжести заболеваний с временной утратой трудоспособности. Для этого необходимо из регистрируемых заболеваний выделить ту ее часть, которая обусловлена вредными производственными факторами.

Значение производственно-обусловленной заболеваемости в производственном подразделении ( $M_{\text{поз}}$ ) можно определить исходя из фактического уровня заболеваемости в данном подразделении ( $M_{\text{факт}}$ ):

$$M_{\text{поз}} = M_{\text{факт}} - M_{\text{доп}}, \quad (3.1)$$

где  $M_{\text{доп}}$  – допустимый уровень заболеваемости в данном регионе с учетом возраста работающих, который рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{доп}} = (2,42 + 0,167x) \cdot 100, \text{ дни на } 100 \text{ работающих}, \quad (3.2)$$

где  $x$  – средний возраст работающих производственного подразделения (в годах).

Существующие подходы оценки профессионального риска, базирующиеся на данных медицинской статистики, отражают, главным образом, конечный результат воздействия негативных производственных факторов. В связи с этим они не могут быть использованы для вероятностного прогноза нарушений профессионального здоровья работающих и для прогнозирования тех отрицательных эффектов, которые могут возникнуть при изменении факторов производственной среды. Следствие этого – низкая эффективность и запаздывание управленческих решений по регулированию рисков.

Для проведения анализа профессионального риска применяются технико-экологические, гигиенические методы исследования, включающие оценку параметров, полученных в ходе мониторинга за окружающей производственной средой, с учетом концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, а также группу эпидемиологических исследований, включающих анализ данных отчетных форм предприятий отрасли по потере рабочего времени из-за нарушения здоровья. Для выявления зависимостей влияния рискобразующих факторов на работоспособность работающих можно

использовать корреляционный анализ и с помощью экспертного метода обосновать и определить значимые количественные и качественные показатели уровня профессионального риска.

Регулирование рисков состоит из двух блоков. В первый блок входят мероприятия превентивного и профилактического характера, которые направлены на поддержание и сохранение профессионального здоровья работающих. Второй блок состоит из технических, организационных, санитарно-гигиенических и других мероприятий, направленных на минимизацию уровня профессионального риска, который находится в существенном, высоком или катастрофическом типологическом классе.

Преимуществом предлагаемого метода является прикладная полезность построенного статистического классификатора, позволяющая качественно и количественно оценивать уровни воздействия рискообразующих факторов, в частности химических веществ, на профессиональное здоровье, оперативно осуществлять конкретные, целенаправленные действия по его сохранению и поддержанию.

Обоснованы следующие границы категорий профессиональных рисков:

– граница низких и допустимых рисков:

$$\begin{aligned} R_{н-д} &= P_{\text{мкртр}} S_{\text{мкртр}} + P_{\text{нс}} S_{\text{нс}} + P_{\text{звут}} S_{\text{звут}} = \\ &= 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2 = 10 \text{ (баллов);} \end{aligned} \quad (3.3)$$

– граница допустимых и существенных рисков:

$$\begin{aligned} R_{д-с} &= P_{\text{мкртр}} S_{\text{мкртр}} + P_{\text{нс}} S_{\text{нс}} + P_{\text{звут}} S_{\text{звут}} + P_{\text{пз}} S_{\text{пз}} = \\ &= 3 \cdot 1 + 3 \cdot 3 + 3 \cdot 3 + 3 \cdot 6 = 39 \text{ (баллов);} \end{aligned} \quad (3.4)$$

– граница существенных и высоких рисков:

$$\begin{aligned} R_{с-в} &= P_{\text{мкртр}} S_{\text{мкртр}} + P_{\text{нс}} S_{\text{нс}} + P_{\text{звут}} S_{\text{звут}} + P_{\text{пз}} S_{\text{пз}} = \\ &= 5 \cdot 1 + 5 \cdot 5 + 5 \cdot 5 + 5 \cdot 6 = 85 \text{ (баллов);} \end{aligned} \quad (3.5)$$

– граница высоких и катастрофических рисков:

$$\begin{aligned} R_{в-к} &= P_{\text{мкртр}} S_{\text{мкртр}} + P_{\text{нс}} S_{\text{нс}} + P_{\text{звут}} S_{\text{звут}} + P_{\text{пз}} S_{\text{пз}} = \\ &= 7 \cdot 1 + 7 \cdot 7 + 7 \cdot 7 + 7 \cdot 6 = 147 \text{ (баллов),} \end{aligned} \quad (3.6)$$

где  $P_{\text{мкртр}}$ ,  $P_{\text{нс}}$ ,  $P_{\text{звут}}$ ,  $P_{\text{пз}}$  – частота возникновения производственных травм, микротравм, заболеваний с временной утратой трудоспособности, профессиональных заболеваний (случай/год);

$S_{\text{мкртр}}$ ,  $S_{\text{нс}}$ ,  $S_{\text{звут}}$ ,  $S_{\text{пз}}$  – степень тяжести последствий производственных травм, микротравм, заболеваний с временной утратой трудоспособности, профессиональных заболеваний (потеря дней).

Это позволило предложить следующую шкалу классификации профессиональных рисков (в баллах):

- низкие (приемлемые) ( $R \leq 10$ );
- допустимые ( $11 \leq R \leq 39$ );
- существенные ( $40 \leq R \leq 85$ );
- высокие ( $86 \leq R \leq 147$ );
- катастрофические ( $148 \leq R$ ).

Анализ показывает, что риски, отнесенные к категориям «низкие» и «допустимые», являются управляемыми с учетом существующих на объекте мер безопасности труда: наличия и соблюдения необходимых процедур и инструкций, поддержки оборудования в технически исправном состоянии, безусловного выполнения правил его эксплуатации, своевременного проведения обучения, инструктажа и проверки знаний работников. Риски, отнесенные к категориям «существенные», «высокие» и «катастрофические», необходимо считать недоступными, и их появление и развитие требуют разработки организационных, технических, социально-экономических мер, определяемых действующей системой управления рисками.

На основании вышеизложенного можно оценить уровень безопасности труда  $k$ -го предприятия по величине профессионального риска и уровня значимости опасности рабочих мест и цехов в системе охраны труда рассматриваемого предприятия, который определяется на основе результатов аттестации рабочих мест по условиям труда.

Здесь целесообразно использование возможностей современной компьютерной техники. Математическое моделирование на ЭВМ условий труда представляет собой машинный эксперимент, позволяющий оперативно и без больших затрат оценить влияние на рабочий процесс любого фактора, в том числе и такого, который трудно поддается натурному моделированию. Моделирование позволяет быстро получить сравнительные оценки для коллективов, различающихся по структуре и решаемым производственным задачам, что редко достижимо в натурном эксперименте, в том числе при выборе рациональных параметров и состава коллектива, формировании «эталонных» или «оптимальных» характеристик трав-



матизма и профзаболеваемости. Кроме этого возможен поиск причин, вызывающих отклонение реальных характеристик от «эталонных», выявление предельных возможностей коллектива и поиск путей модернизации.

Ограничения использования методов математического моделирования обычно связаны с составлением вычислительной программы, ее последующей корректировкой для расширения круга решаемых задач или существенным изменением структурной схемы исследуемого коллектива. Эти трудности усугубляются и тем, что часто одному и тому же исследователю приходится сталкиваться с различными типами коллективов, работники которых могут решать совершенно разные задачи. Для составления корректных уравнений динамики рабочих процессов требуются достаточные знания в области теории, которыми владеют только специалисты соответствующего профиля. Следует иметь в виду и возрастающую сложность программ.

Адекватная динамическая модель должна удовлетворять двум основным требованиям: обеспечить правильное качественное отображение динамических процессов и количественное описание этих процессов с принятой степенью точности. Под оптимальной адекватной динамической моделью понимается максимально простая модель, удовлетворяющая указанным двум требованиям адекватности. Под составной динамической системой понимается система, состоящая из двух и более взаимодействующих между собой динамических подсистем. Составные динамические системы позволяют при их исследовании использовать характеристики подсистем. Динамические характеристики подсистем могут быть найдены по материалам научных исследований. Поэтому составную динамическую модель можно описать меньшим числом дифференциальных уравнений, следовательно, проще разработать алгоритм расчета на ЭВМ. Кроме того, математическая модель должна отвечать таким требованиям как наглядность, простота формализации, доступность для специалистов смежных областей.

Отличительной особенностью функционирования любого рабочего коллектива при выполнении различных технологических операций является вероятностно-статистический характер внешних воздействий, обусловленный многочисленными переменными факторами, непрерывно изменяющимися во времени. К ним относятся изменения параметров микроклимата производственных помещений (температура и влажность воздуха, скорость воздушных потоков),

колебания освещенности рабочих поверхностей, шум, вибрация и т. д. Входные внешние воздействия, представляющие собой случайные процессы (рис. 3.1), оказывают влияние на основные выходные переменные величины  $y_i(t)$ , определяющие производственный травматизм и профзаболеваемость. Из-за случайного характера внешних факторов  $x_i(t)$  выходные функциональные параметры  $y_i(t)$  могут рассматриваться в виде случайных процессов или случайных последовательностей.

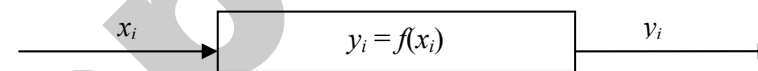



Рис. 3.1. Модель «вход-выход» системы:  
 $x_i$  – входная величина;  $y_i$  – выходная величина;  $y_i = f(x_i)$  – функция связи

Чтобы учесть случайные факторы при обосновании оптимальных режимов работы коллектива в процессе выполнения технологических операций, необходимо установить вероятностно-статистические оценки показателей – математические ожидания  $M(y)$ , дисперсии  $D(y)$ , стандарты  $\sigma_y$ , коэффициент вариации  $v_y$ , а также другие количественные характеристики.

При установлении вероятностно-статистических оценок выходных параметров применяется метод функции случайных аргументов. Его сущность состоит в том, что коллектив рассматривается в виде модели «вход-выход».

Входная  $x_i$  и выходная  $y_i$  переменные величины определяются детерминированной (неслучайной) функциональной зависимостью  $y_i = f(x_i)$ . В качестве функции связи применяются функции, рассчитанные при аппроксимации кривых, полученных после статистической обработки данных о состоянии производственного травматизма и профзаболеваемости на исследуемом предприятии.

В целом рабочий коллектив может рассматриваться как некоторая структурированная среда, включающая управляющие подсистемы. В большинстве систем можно выделить три типа простейших элементов – носителей энергии (при построении эквивалентных схем используют условные обозначения, принятые в электротехнике):

—  — элементы, в которых происходят необратимые потери (диссипация) информационной энергии;

$\text{|||}$  – элементы, обладающие способностью накапливать информационную потенциальную энергию;

$\text{---}$  – элементы, обладающие способностью накапливать информационную кинетическую энергию.

Сочетанием этих простейших элементов может быть получена схема замещения сложной информационной цепи. При построении схемы замещения информационной цепи объекта необходимо исходить из того, что любая его подсистема может быть отображена в виде элементарного блока, представляющего собой определенным образом связанную совокупность элементов, способных как накапливать энергию (потенциальную или кинетическую), так и необратимо ее рассеивать (рис. 3.2).

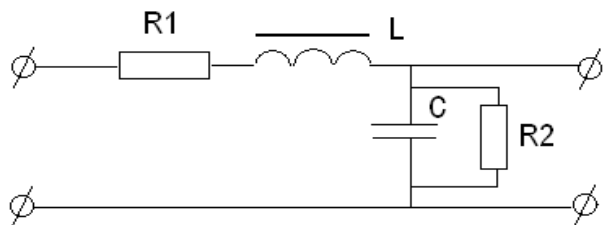


Рис. 3.2. Г-образная схема замещения элементарного блока информационной цепи

Природа этих элементов различна: один из них характеризует потери информации во время обучения (особенность человеческой психики не воспринимать все 100 % входящей информации), другой – потери информации с течением времени (долговременная память человека постепенно теряет накопленную информацию). Эквивалентную схему замещения производственного коллектива можно представить как совокупность взаимосвязанных блоков – в данном случае отдельных работников.

Итак, на входе блока «рабочий коллектив» действуют факторы производственной среды, приводящие к профессиональной заболеваемости (с учетом того, что 50 % заболеваний так или иначе вызваны производственной деятельностью человека).

Кроме того, входными величинами являются защитные средства и профилактические меры (рис. 3.3).

Факторы производственной среды подразделяются на опасные и вредные. Опасный фактор производственной (рабочей) среды –

фактор среды и трудового процесса – может быть причиной острого заболевания, внезапного ухудшения здоровья, смерти. Вредный фактор может вызывать профессиональное заболевание или другое нарушение состояния здоровья, повреждение здоровья потомства. В зависимости от количественной характеристики и продолжительности действия отдельные вредные факторы рабочей среды могут стать опасными.



Рис. 3.3. Входные и выходные величины

Опасные и вредные производственные факторы по природе воздействия подразделяются (см. § 1.1) на четыре вида (рис. 3.4). Принимая данные факторы как вероятностно-статистические процессы, считаем необходимым разделить их на «А» – «аналоговые» (уровень освещенности рабочих мест, температура воздуха, относительная влажность, скорость движения воздушных масс и т. д.) и на «D» – «дискретные» (наличие или отсутствие заземления, защитных кожухов на электроприводах, крышек люков в полу и т. д.). К дискретным факторам можно отнести и наличие или отсутствие того или иного средства индивидуальной защиты.

В настоящее время перечень реально действующих техногенных и антропогенных производственных факторов значителен и насчитывает более 100 видов. Необходимо отметить, что один и тот же опасный (вредный) производственный фактор может относиться одновременно к различным группам.

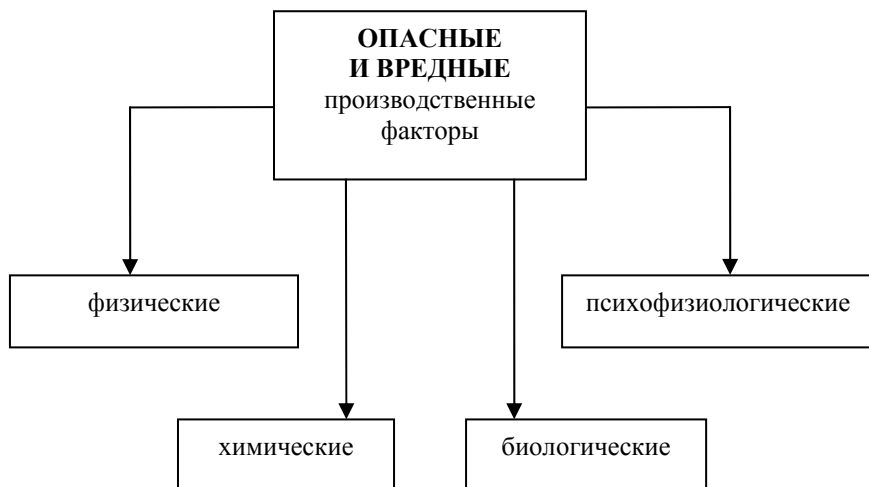


Рис. 3.4. Опасные и вредные производственные факторы

«Аналоговость» процесса можно обосновать соображением о непрерывном изменении исследуемой величины с течением времени, т. е. связать физическую величину и время некой функцией. Величина той же освещенности рабочих мест обосновывается требованиями соответствующих стандартов, поэтому в больших пределах меняться она не может – соответственно все изменения незначительно варьируются с течением времени вокруг математического ожидания величины:

$$A = f(t), \quad (3.7)$$

где  $A$  – величина аналогового фактора (уровень освещенности рабочих мест, температура воздуха и т. д.);

$t$  – время (например, часы рабочей смены или дни года).

Аналоговые факторы в основном приводят к развитию профессиональных заболеваний (например, высокая влажность при низкой температуре воздуха приводит к хроническому воспалению верхних дыхательных путей), дискретные – к травмам (отсутствие заземления может вызвать электротравму, отсутствие защитного кожуха электропривода – повреждение конечности). Тем не менее нельзя полностью разделять эти два потока – некоторые аналоговые входные воздействия могут приводить к травмам (например, низкая

освещенность), а дискретные – к профессиональным заболеваниям (например, отсутствие вентиляционных люков). При этом можно оценить коэффициент взаимной корреляции между этими двумя потоками.

В качестве аналогового фактора, оказывающего на организм человека вредное воздействие, можно принять запыленность воздуха рабочей зоны, так как многие производственные процессы сопровождаются пылевым фактором. Причины выделения пыли могут быть самыми разнообразными, например, механическая обработка зерна, некоторых продуктов питания и кормов, удобрений, пестицидов и др., а также их упаковка и расфасовка (см. § 3.3). Эти виды пылеобразования являются первичными. В условиях производства может возникнуть и вторичное пылеобразование, например, при проветривании, уборке помещений, движении людей, механизмов и т. д.

Пыль – дисперсная фаза твердых веществ, образующаяся при их дроблении, измельчении, а также при конденсации в воздухе паров металлов и неметаллов (например, при газо- и электросварке). Пыли, взвешенные в воздухе, образуют аэрозоли, скопления осевшей пыли – аэрогели. Во вдыхаемом человеком воздухе могут содержаться частицы пыли размером до 20 мкм. В верхних отделах дыхательных путей задерживаются частицы размером 10–20 мкм, в альвеолах легких – частицы размером до 5 мкм.

Вредность воздействия пыли на организм человека зависит от количества вдыхаемой пыли, степени ее дисперсности, формы частиц пыли, ее химического состава и растворимости.

По характеру воздействия на организм производственные пыли подразделяются на общетоксические и раздражающие. Общетоксические пыли (свинец, мышьяк, сурьма и др.), растворяясь в жидких средах организма (слюна, кровь, лимфа), действуют как введенный в организм яд и вызывают острое либо хроническое отравление. Раздражающие пыли не обладают способностью хорошо растворяться в жидких средах организма, но могут раздражать кожные и слизистые покровы, вызывать аллергические реакции.

Большая группа аэрозолей, не обладающих выраженной токсичностью, отличается от других вредных веществ фиброгенным действием на организм человека. Попадая в органы дыхания, вещества этой группы вызывают атрофию или гипертрофию слизистой верхних дыхательных путей, а задерживаясь в легких, приводят к патологическому разрастанию соединительной ткани в воздухообменной зоне и рубцеванию (фиброзу) легких.

Обеспечить полное отсутствие вредных веществ в воздухе рабочей зоны на современных агропромышленных предприятиях практически невозможно. В связи с этим большое значение приобретает необходимость обоснования безвредных для человеческого организма концентраций вредных веществ и разработки методов и средств контроля их содержания в воздухе рабочей зоны. Содержание пылей в воздухе рабочей зоны нормируется их предельно допустимыми концентрациями (ПДК).

Закономерности воздухообмена в производственных помещениях являются математическим обоснованием для разработки технических средств, технологии очистки воздуха от вредных примесей в виде пыли, методики обучения персонала работе в условиях запыленности рабочей среды (см. § 3.3).

Отдельные меры по снижению запыленности рабочей среды до уровня ПДК дают нестабильный и недостаточно прогнозируемый эффект, что объясняется неполным учетом анализируемых факторов. Поэтому можно считать, что решение задач анализа, классификации факторов запыленности рабочей среды, а также моделирование воздухообмена в запыленных помещениях являются актуальными вопросами.

Группы факторов запыленности рабочей среды также делятся на аналоговые (постоянно действующие) и дискретные (импульсные), которые в свою очередь можно разделить на периодические и непериодические. Многие дискретные факторы могут иметь аналоговую производную (например, наличие вентилятора в вытяжном канале – дискретная величина, с различной величиной воздухообмена – аналоговая величина).

Решение задачи по снижению запыленности рабочей среды производственного объекта на этапе его планирования сводится к построению математической модели, позволяющей определить оптимальные параметры воздухообмена.

Таким образом, в разрабатываемой модели производственного коллектива на входе четырехполюсника действуют: состояние условий труда и травмобезопасности рабочего места, наличие или отсутствие средств индивидуальной защиты, информационно-обучающие потоки; на выходе системы под действием входных факторов формируются производственный травматизм и производственно-обусловленная заболеваемость. Причем состояние условий труда характеризует «среду» в системе «человек – машина – среда», травмобезопасность рабочего места – «машину», обучающая информация – «человека» (рис. 3.5).

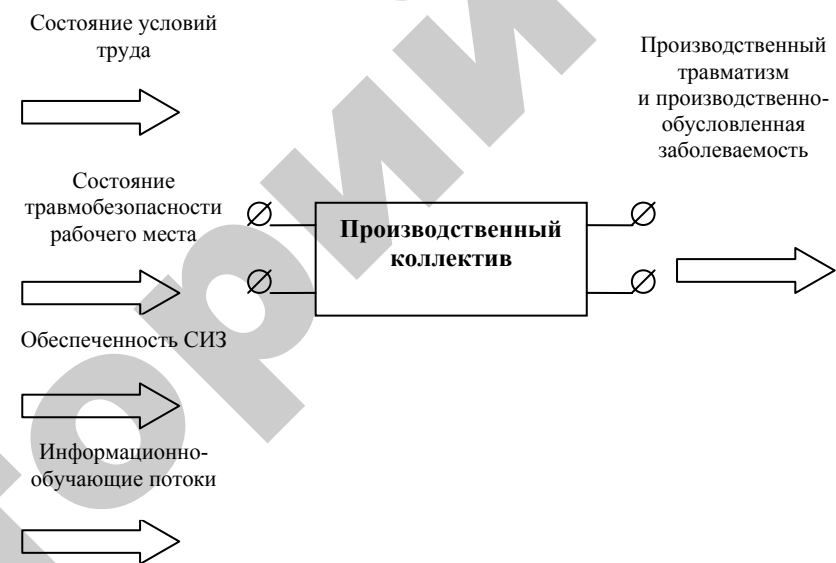


Рис. 3.5. Модель «вход-выход» производственного коллектива

Инструментальные замеры на отдельных производственных участках позволяют с достаточной степенью точности получать графики изменения как аналоговых, так и дискретных факторов с течением времени. Но по затратам рабочего времени экономически нецелесообразно получение полной информации по всем факторам даже на отдельном рабочем месте. Существующая система аттестации рабочих мест по условиям труда позволяет, на наш взгляд, решить проблему получения информации о факторах производственной среды на отдельных рабочих местах предприятия.

### 3.2. Аттестация рабочих мест по условиям труда

Целью проведения аттестации рабочих мест по условиям труда согласно постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 22 февраля 2008 г. № 253 является: разработка и реализация плана мероприятий по улучшению условий труда; определение права работника на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда, т. е. по спискам № 1 и № 2; определение права на дополнительный отпуск за работу с вредными и (или) опасными условиями

труда; права на сокращенную продолжительность рабочего времени; определение оплаты труда в повышенном размере путем установления доплат за работу с вредными и (или) опасными условиями труда.

При этом пенсия за работу с особыми условиями труда, дополнительный отпуск, оплата в повышенном размере предоставляются работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда в течение полного рабочего дня. Под полным рабочим днем понимается выполнение работы с вредными и (или) опасными условиями труда не менее 80 % от продолжительности ежедневной работы (смены), установленной законодательством.

Для организации и проведения аттестации работодатель издает приказ, в соответствии с которым: утверждается состав аттестационной комиссии организации, определяются ее полномочия, назначаются председатель аттестационной комиссии и лицо, ответственное за ведение и хранение документации по аттестации; устанавливаются сроки и график проведения работ по аттестации в организации (структурных подразделениях). В состав аттестационной комиссии рекомендуется включать работников служб охраны труда, кадровой, юридической, организации труда и заработной платы, промышленно-санитарной лаборатории, руководителей структурных подразделений организации, медицинских работников, представителей профсоюза.

Аттестационная комиссия:

- а) осуществляет проведение аттестации, а также организационное, методическое руководство и контроль над ее ходом;
- б) формирует в организации необходимую для проведения аттестации нормативную правовую базу и организует ее изучение;
- в) определяет перечень рабочих мест, подлежащих аттестации;
- г) устанавливает соответствие наименований профессий рабочих и должностей служащих Общегосударственному классификатору Республики Беларусь «Профессии рабочих и должности служащих» и характера фактически выполняемых работ характеристикам работ, приведенным в соответствующих выпусках Единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих (ЕТКС) и Единого квалификационного справочника должностей служащих (ЕКСД);

д) определяет исполнителей для обследования рабочих мест перед началом измерений уровней вредных и опасных факторов производственной среды в целях проверки на соответствие

производственного оборудования и технологических процессов требованиям охраны труда и принимает меры по устранению выявленных недостатков;

е) организует оформление карты фотографии рабочего времени и карты аттестации рабочего места по условиям труда по формам, утвержденным Минтруда и соцзащиты РБ.

Следует иметь в виду, что измерения и исследования уровней вредных и опасных факторов производственной среды проводят **аккредитованные испытательные лаборатории** (собственные при их наличии или привлеченные на договорной основе посторонние аккредитованные лаборатории).

При решении вопросов, какие рабочие места следует аттестовать по условиям труда, прежде всего следует руководствоваться перечнем «Виды работ с вредными и (или) опасными условиями», который применяется всеми работодателями независимо от их организационно-правовых форм. Если же организация считает, что условия на рабочем месте являются вредными и (или) опасными, а в вышеназванном перечне они отсутствуют, то необходимость проведения аттестации таких рабочих мест определяется работодателем по согласованию с органами государственной экспертизы условий труда Республики Беларусь.

Вопрос, какие компенсации положены работающим на аттестуемых рабочих местах, решается по результатам аттестации. В зависимости от класса условий труда и степени вредности определяется право работника на:

- доплаты в установленном размере;
- сокращенный рабочий день;
- дополнительный отпуск;
- пенсию по спискам № 1 и № 2.

В трудовые книжки работников, чьи профессии и должности включены в перечень рабочих мест по профессиям и должностям, на которых подтверждены особые условия труда, вносятся соответствующие сведения.

Работники, на рабочих местах которых проводилась аттестация, должны быть ознакомлены с итоговыми документами по результатам аттестации (карта, приказ) под роспись.

Аттестация проводится один раз в пять лет. Внеочередная аттестация (переаттестация) проводится: в случае изменения законодательства в данной области; при изменении условий труда в связи с заменой либо модернизацией производственного оборудования,

заменой сырья и материалов, изменением технологического процесса и средств коллективной защиты; по требованию органов государственной экспертизы условий труда Республики Беларусь; по инициативе нанимателя или профсоюза при улучшении условий труда.

Оценка условий труда при аттестации – это оценка факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, оказывающих воздействие на работоспособность и здоровье работника в процессе труда. Данная оценка проводится для установления классов (степеней) вредности и (или) опасности условий труда на рабочем месте.

Уровни вредных и (или) опасных факторов производственной среды определяются на основании измерений и исследований, результаты которых оформляются соответствующими протоколами.

Каким образом проводить оценку условий труда при проведении аттестации, детально регламентирует Инструкция по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда и предоставлению компенсаций по ее результатам, утвержденная постановлением Минтруда и соцзащиты РБ от 22.02. 2008 г. № 35.

В соответствии с указанной Инструкцией оценка условий труда проводится по следующим факторам: химическому; биологическому; по содержанию в воздухе пылей и аэрозолей; виброакустическому; по электромагнитным полям и неионизирующим излучениям; оценка при работе с источниками ионизирующего излучения; оценка микроклиматических условий; по параметрам освещения рабочих мест; оценка при воздействии аэроионизации; оценка тяжести трудового процесса; оценка напряженности трудового процесса; общая оценка условий труда.

Оценка условий труда по классу (степени) вредности производится на основании оценок по всем факторам производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса.

Согласно названным пунктам устанавливаются следующие классы условий труда:

- 1-й – оптимальный;
- 2-й – допустимый;
- 3-й – вредные условия труда, которые в свою очередь подразделяются на степени – 3.1 и 3.2, 3.3, 3.4;
- 4-й – опасные условия труда.

На рис 3.6 указана последовательность проведения работ по аттестации рабочих мест.

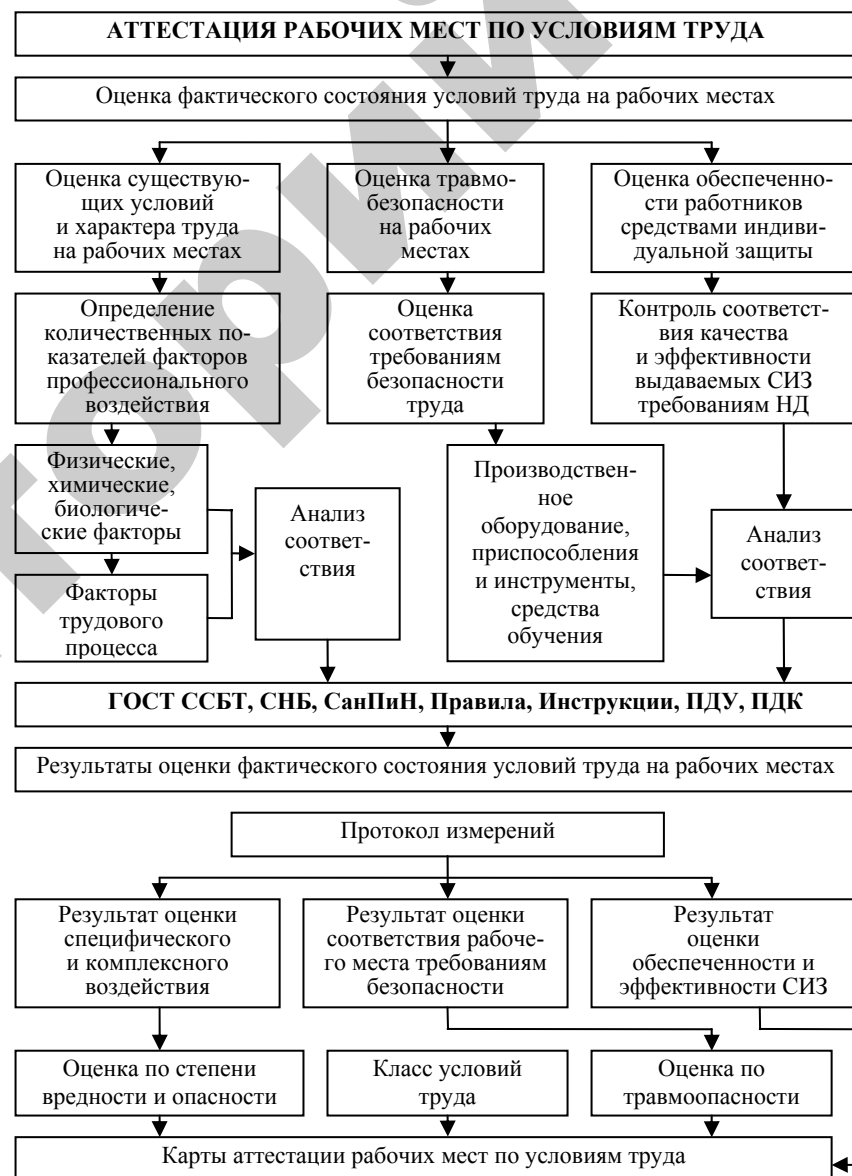


Рис. 3.6. Последовательность проведения работ по аттестации рабочих мест по условиям труда

Первый класс – оптимальные условия труда – условия, при которых сохраняется здоровье работника и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности.

Второй класс – допустимые условия труда – характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство.

Оптимальный и допустимый классы относят к безопасным условиям труда.

Третий класс – вредные условия труда – характеризуются наличием вредных факторов, уровни которых превышают гигиенические нормативы и оказывают неблагоприятное действие на организм работника и (или) его потомства.

Вредные условия труда по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работников разделяют на четыре степени вредности.

Первая 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.

Вторая степень 3-го класса (3.2) – уровни вредных факторов, вызывающие стойкие функциональные изменения, которые приводят в большинстве случаев к увеличению профессионально-обусловленной заболеваемости (что может проявляться повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности, в первую очередь теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых для данных факторов органов и систем), к появлению начальных признаков или легких форм профессиональных заболеваний (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет).

Третья степень 3-го класса (3.3) – условия труда, характеризующиеся такими уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней

легкой и средней степени тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (профессионально-обусловленной) патологии.

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

Четвертый класс – опасные (экстремальные) условия труда – характеризуются уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в том числе и тяжелых форм.

Компенсации, предоставляемые работникам по результатам аттестации, зависят от оценки условий труда. Например, при оценке условий труда, соответствующих 3-му классу третьей степени вредности (3.3) и выше – право на пенсию по списку № 1; 3-му классу второй степени вредности (3.2) и выше – право на пенсию по списку № 2 и т. д.

Конкретная компенсация зависит не только от степени вредности, но и от того, в каком списке или перечне предусмотрена та или иная профессия или должность.

Продолжительность дополнительного отпуска за работу с вредными и (или) опасными условиями труда в зависимости от установленного по результатам аттестации класса (степени) вредности или опасности условий труда показана для примера в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Продолжительность дополнительного отпуска

Гигиеническая классификация условий труда	Классы условий труда						
	1-й класс (оптимальные)	2-й класс (допустимые)	3-й класс (вредные)				4-й класс (опасные)
			1-я степень (3.1)	2-я степень (3.2)	3-я степень (3.3)	4-я степень (3.4)	
Продолжительность дополнительного отпуска (в календарных днях)	0	0	4	7	14	21	28

Размеры доплат в зависимости от класса условий труда в процентах от тарифной ставки первого разряда за 1 час работы в условиях труда, соответствующих классу, следующие:

- 1-й и 2-й классы – 0;
- 3.1 (1-й степени) – 0,10;
- 3.2 (2-й степени) – 0,14;
- 3.3 (3-й степени) – 0,20;
- 3.4 (4-й степени) – 0,25;
- 4-й класс – 0,31.

Результаты измерений и исследований уровней вредных и опасных факторов производственной среды и результаты количественных измерений и расчетов показателей тяжести трудового процесса для аттестации оформляются протоколами по формам, утвержденным Министерством труда и социальной защиты Республики Беларусь.

Сведения о результатах оценки условий труда заносятся в карту и удостоверяются подписями членов аттестационной комиссии и ее председателя. Допускается составление одной карты на группу аналогичных по характеру выполняемых работ и условиям труда рабочих мест.

К карте прилагаются:

- карта фотографии рабочего времени, протоколы измерений и исследований уровней вредных и опасных факторов производственной среды для аттестации;
- протоколы количественных измерений и расчетов показателей тяжести трудового процесса.

### 3.3. Обеспечение необходимого воздухообмена в производственных помещениях

Воздушная среда, например, в животноводческих помещениях, постоянно загрязнена газовыми примесями, обусловленными жизнедеятельностью животных, а также процессами разложения их экскрементов и остатков кормов. В результате их микробного анаэробного разложения образуется ряд токсичных и удушающих газов. 20,3 % случаев всех внутренних болезней работников животноводства, которые работают в указанных условиях, составляют болезни органов дыхания.

Производство комбинированных кормов относится к производству с большой запыленностью воздуха рабочих зон, кото-

рая колеблется от 22,98 до 744,25 мг/м<sup>3</sup> при ПДК 4 мг/м<sup>3</sup>. Пыль представляет собой распространенный вредный и опасный производственный фактор. Она образуется в больших количествах при приготовлении комбинированных кормов для кормления животных и при обработке почвы. Вредное или опасное влияние пыли во многом определяется физико-химическими свойствами, концентрацией и размерами пылинок. Проникая в органы дыхания, пыль накапливается и вызывает разные заболевания с временной утратой трудоспособности и, при длительном воздействии, профессиональные заболевания. Она оказывает вредное влияние на слизистые оболочки глаз, рта и носа, кожный покров.

Вместе с пылью в органы дыхания работающего попадают разнообразные микроорганизмы, яйца гельминтов, плесневые грибы, вызывая развитие грибковых, бактериальных и паразитарных форм легочной патологии.

Например, даже при неработающем технологическом оборудовании в 1 м<sup>3</sup> воздуха помещений находится от 7 до 10 тыс. микроорганизмов и до 4,5 мл/м<sup>3</sup> пыли. Во время работы загрязнение воздуха значительно увеличивается.

Установлено, что в 1 м<sup>3</sup> воздуха помещений содержится от 40 до 175 тысяч (в среднем 75 400) микроорганизмов.

Пылевые взрывы являются весьма опасными в связи с небольшими значениями нижних концентрационных пределов распространения пламени и температурами зажигания, обычно не превышающими 500 °С.

Концентрация пыли в воздухе рассчитывается по формуле, мг/м<sup>3</sup>:

$$C_0 = \frac{m_1 - m_0}{V_H} \cdot 1000, \quad (3.8)$$

где  $C_0$  – концентрация всей витающей в воздухе пыли, мг/м<sup>3</sup>;

$m_0$  – масса фильтра до отбора пробы пыли, мг;

$m_1$  – масса фильтра после отбора пробы, мг;

$V_H$  – объем прошедшего через фильтр воздуха, приведенный к нормальным условиям, дм<sup>3</sup>.

Среднесменная концентрация пыли подсчитывается по формуле, мг/м<sup>3</sup>:



$$C_{\text{cp}} = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots + C_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}, \quad (3.9)$$

где  $C_{\text{cp}}$  – среднесменная концентрация пыли, мг/м<sup>3</sup>;

$C_1, C_2, \dots, C_n$  – результаты измерения пыли разовых концентраций, мг/м<sup>3</sup>;

$t_1, t_2, \dots, t_n$  – продолжительность измерения разовых концентраций, с.

Необходимость строгого соблюдения ПДК требует систематического контроля над фактическим содержанием пыли в производственных помещениях. Такой контроль позволяет оценивать эффективность работы пылеочистного оборудования, предусматривать необходимую степень очистки и совершенствовать технологию производства с целью снижения концентрации пыли.

При процессах обеспыливания происходят такие случайные явления как диффузия частиц, обусловленная турбулентным движением дисперсной среды и другими явлениями, взаимодействие частиц между собой и с ограничивающими поверхностями. Определенное влияние на динамику частиц оказывают случайные межфазные взаимодействия и т. д.

Эффективность мероприятий по обеспыливанию рассчитывается как вероятность попадания пылевых частиц в определенную область или на соответствующую поверхность:

$$P(A_j^m) = \frac{1}{\Delta t} \int_{\Delta t} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^k P(A_{ji}^m) k n_{mni}}{\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^k n_{mni}} dt, \quad (3.10)$$

где  $P(A_j^m)$  – суммарная вероятность попадания частиц фракции из всех областей  $N$  в область  $k_j$ ;

$\Delta t$  – рассматриваемый период времени;

$P(A_{ji}^m)k$  – вероятность элементарного события, заключающегося в попадании пылевых частиц фракции  $m$  из ячейки в области  $k_j$  в область  $N_n$ ;

$n_{mni}$  – количество пылевых частиц фракции  $m$ , принадлежащих к области  $k_j$  и попавших в нее из ячейки в области  $N$ .

Для определения вероятностной характеристики пылевых частиц, а следовательно, и эффективности противопылевых мероприятий, обосновано применение дифференциальных уравнений Л. С. Понтрягина и А. Н. Колмогорова:

$$\frac{\delta}{\delta t} P(A_{ji}^m)_k = \sum_{i=1}^3 a_i(\lambda_o) \frac{\delta P(A_{ji}^m)_k}{\delta \lambda_1} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 b_{ij}(\lambda_o) \frac{\delta^2 P(A_{ji}^m)_k}{\delta \lambda_i \delta \lambda_j}; \quad (3.11)$$

$$\frac{\delta}{\delta t} (\bar{P}(\lambda_1 t)) = \sum_{i=1}^3 \frac{\delta}{\delta \lambda_1} [a_i(\lambda_1 t) \bar{P}(\lambda_j t)] + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \frac{\delta^2}{\delta \lambda_i \delta \lambda} [b_{ij}(\lambda_1 t) \bar{P}(\lambda_i t)], \quad (3.12)$$

где  $\bar{P}(\lambda_1 t)$  – плотность вероятности нахождения пылевых частиц в определенной области;

$a_i, b_{ij}$  – коэффициенты сноса и диффузии.

Уравнения описывают диффузионный класс марковских процессов и характеризуют попадание пылевых частиц в определенные области.

Показана связь между повышенной запыленностью рабочих мест и числом несчастных случаев.

Создание современных высокоэффективных противопылевых респираторов, а также рациональный выбор наиболее эффективных конструкций для конкретных условий эксплуатации возможны только на основе учета закономерностей фильтрации аэрозолей, которые зависят от физических свойств аэрозолей и волокнистых материалов.

При расчете воздухообмена для данного помещения или рабочего места учитываются климатическая зона, время года, наличие в воздушной среде вредных веществ: избыточного тепла и влаги, газов, пыли и т. д. Если в воздух помещения выделяется одновременно несколько вредных веществ однонаправленного действия, то расчет общеобменной вентиляции выполняют путем суммирования объемов воздуха, необходимых для разбавления каждого вещества в отдельности до допустимых концентраций.

При одновременном выделении нескольких вредных веществ разнонаправленного действия расчет воздухообмена ведут для каждого из них и для дальнейших расчетов вентиляции принимают наибольшее значение воздухообмена.

1. Для помещений с нормальным микроклиматом и при отсутствии вредных веществ или содержании их в пределах норм воздухо-

обмен определяют путем умножения числа работающих  $n_p$  в помещении на нормируемую величину расхода воздуха  $W_0$  на одного работающего:

$$W_n = n_p W_0. \quad (3.13)$$

Если на одного работающего приходится менее 20 м<sup>3</sup> объема помещения, то  $W_0 = 30$  м<sup>3</sup>/ч; когда же на одного работающего приходится 20 м<sup>3</sup> и более объема помещения, то  $W_0 = 20$  м<sup>3</sup>/ч.

2. Воздухообмен  $W_{гн}$  для удаления из помещения вредностей в виде газов, пыли рассчитывают по формуле:

$$W_{гн} = \frac{B_{гн}}{B_d - B_b}, \quad (3.14)$$

где  $B_{гн}$  – количество вредного вещества, выделяющегося в помещении, мг/ч;

$B_d$  – допустимое содержание вредного вещества в воздухе помещения, мг/м<sup>3</sup>;

$B_b$  – содержание вредного вещества в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

а) Количество вредных паров, растворителей  $B_p$  (г/ч), выделяющихся при окрасочных работах, определяют по формуле:

$$B_p = 0,01 S m_p q_p, \quad (3.15)$$

где  $S$  – площадь окрашиваемой поверхности изделия, м<sup>2</sup>;

$m_p$  – доля летучих растворителей в красках, %;

$q_p$  – расход лакокрасочного материала на 1 м<sup>2</sup> окрашиваемой поверхности (при распылении  $q_p = 60-90$ , при нанесении кистью  $q_p = 100-180$  г/м<sup>2</sup>).

б) Количество вредных веществ (окиси углерода, окислов азота и альдегидов)  $B_{дв}$  (кг/ч), выделяющихся при работе двигателя внутреннего сгорания, определяют по формуле:

$$B_{дв} = \frac{(A_1 + B_1 V_{ц}) q_0 t}{6000}, \quad (3.16)$$

где  $A_1$  и  $B_1$  – коэффициенты, равные: для карбюраторных двигателей  $A_1 = 9$ ,  $B_1 = 12$ ; для дизельных  $A_1 = 160$ ,  $B_1 = 13,5$ ;

$V_{ц}$  – рабочий объем цилиндров двигателей, л;

$q_0$  – объемная доля вредных веществ в отработанных газах (принимается для карбюраторных двигателей – окиси углерода

4–6 %; для дизельных двигателей – окиси углерода 0,05–0,07 %, окиси азота 0,007–0,009 %, альдегидов 0,035–0,050 %);  
 $t$  – время работы двигателя.

3. В некоторых производственных помещениях возможно выделение избыточного тепла. В этом случае при расчете тепловыделений необходимо исходить из следующего.

а) Количество тепла, выделяемого людьми, зависит от интенсивности выполняемой ими работы. При легкой работе оно меньше 150 ккал/ч, при работе средней тяжести – 150–250 ккал/ч, при тяжелой работе – более 250 ккал/ч. Отсюда  $Q_1$ , ккал/ч:

$$Q_1 = 150(250)n_p,$$

где  $n_p$  – число рабочих, чел.

б) При полном переходе механической энергии в тепловую выделяется:

– при затрате 1 л. с. – 632 ккал (округленно 630);

– при затрате 1 кВт – 864 ккал (округленно 860).

Практически производственные механизмы выделяют в виде тепла лишь часть энергии – около 80 %. Поэтому величину тепловыделений от механизмов можно подсчитать по формуле, ккал/ч:

$$Q_2 = 0,8N \cdot 860 \text{ или } 0,8N \cdot 630,$$

где  $N$  – суммарная мощность одновременно работающих механизмов.

в) Тепловыделение с поверхности нагретых производственных агрегатов. Оно происходит за счет конвекции, причем величина его зависит от разницы температур нагретой поверхности и воздуха, от величины поверхности и ее положения (вертикальные поверхности отдают конвекцией тепла меньше, чем горизонтальные), от лучеиспускания по направлению к более холодным внешним ограждениям помещения (его величина зависит от температуры нагретой поверхности и ее площади).

Суммарное тепловыделение с нагретых производственных поверхностей вычисляется по формуле, ккал/(м<sup>2</sup> · ч):

$$Q_3 = \alpha \Delta t^4 \sqrt{\Delta t} + C \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (3.17)$$

где  $\alpha$  – коэффициент конвекции, равный для вертикальных поверхностей 2,2, для горизонтальных – 2,8;

$\Delta t$  – разность температур нагретой поверхности и воздуха;

$C$  – приведенный коэффициент лучеиспускания взаимно облучаемых материалов (обычно принимается равным 3,4);

$T_1$  и  $T_2$  – соответственно абсолютная температура нагретой поверхности и температура поверхности стен, К.

При невысоких температурах поверхности оборудования (до 50 °С) излучения незначительны и расчет можно производить только по первой половине формулы, учитывающей конвекционные тепловыделения, ккал/(м<sup>2</sup> · ч):

$$Q_3 = \alpha \Delta t^4 \sqrt{\Delta t} . \quad (3.18)$$

г) Тепловыделение от нагретого и остывающего в помещении материала вычисляют по формуле, ккал/ч:

$$Q_4 = PC(t_{\text{нач}} - t_{\text{кон}}), \quad (3.19)$$

где  $P$  – масса материала, кг;

$C$  – теплоемкость материала;

$t_{\text{нач}}$  – температура нагретого материала при поступлении в помещение;

$t_{\text{кон}}$  – температура нагретого материала при уносе из помещения.

д) Тепло, вносимое за счет солнечной радиации (учитывается только в теплое время года). Количество его приблизительно равно потерям через внешние ограждения благодаря разнице температур снаружи и внутри. Поэтому при приближенных вычислениях его можно не учитывать, если не учитываются теплопотери. В случае необходимости точного подсчета, например, при очень большой площади остекления (теплицы и др.), можно пользоваться для РБ следующими данными: для окон, ориентированных на юг, количество вносимого тепла принимают равным 150 ккал/(м<sup>2</sup> · ч); для окон, ориентированных на юго-запад и юго-восток – 100; для стен соответственно 10 и 7,5; для плоских перекрытий – 20 и 15; при ориентировке на запад и на восток эти цифры уменьшаются на 1/3.

е) Общее количество тепловыделений подсчитывается по формуле:

$$Q_{\text{изб}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n. \quad (3.20)$$

Воздухообмен  $W_T$  (м<sup>3</sup>/ч) для удаления избыточного тепла рассчитывают по формуле:

$$W_T = \frac{3,6 Q_{\text{изб}}}{C \rho_{\text{вн}} (t_{\text{вв}} - t_{\text{вн}})}, \quad (3.21)$$

где  $C$  – теплоемкость сухого воздуха, Дж/(кг · К);

$\rho_{\text{вн}}$  – плотность приточного воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$t_{\text{вв}}$  – температура в помещении, соответствующая нормативу, °С;

$t_{\text{вн}}$  – расчетная температура наружного воздуха, °С.

4. Расчет воздухообмена для животноводческих помещений в холодный период года производится исходя из следующих условий.

а) Удаление избыточной влаги:

$$W_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{B_{\text{ж}} + B_{\text{исп}}}{g_{\text{в}} - g_{\text{н}}}, \quad (3.22)$$

где  $B_{\text{ж}}$  – количество влаги, выделяемой всеми животными в виде пара, г/ч;

$B_{\text{исп}}$  – количество влаги, испаряющейся с пола, потолка, кормушек, стен и перекрытий, г/ч;

$g_{\text{в}}$  – количество водяного пара при данной температуре, г/м<sup>3</sup>;

$g_{\text{н}}$  – количество водяного пара в наружном воздухе при температуре на основе данных метеостанций (абсолютная влажность), г/м<sup>3</sup>.

Например, для Минского района в марте средняя температура – 2,2 °С и абсолютная влажность – 4 г/м<sup>3</sup>.

Количество влаги, выделяемой всеми животными ( $m$ ) в виде пара, рассчитывается по формуле:

$$B_{\text{ж}} = \Sigma B_i m_i, \quad (3.23)$$

где  $B_i$  – выделение влаги одним животным данной категории в виде пара (по табличным данным), г/ч.

б) Удаление двуокиси углерода:

$$W_{\text{CO}_2} = \frac{Y}{Y_{\text{д}} - Y_{\text{н}}}, \quad (3.24)$$

где  $Y$  – количество двуокиси углерода, выделяемой всеми животными, которые находятся в данном помещении, л/ч;

$Y_d$  – допустимое содержание двуокиси углерода в воздухе помещения, л/м<sup>3</sup> (согласно нормам оно не должно превышать 2,5 л/м<sup>3</sup>);

$Y_n$  – содержание окиси углерода в приточном воздухе, л/м<sup>3</sup>, (в среднем принимается 0,3 л/м<sup>3</sup>).

Количество двуокиси углерода, выделяемой всеми животными:

$$Y = \sum_{i=1}^m Y_i m_i, \quad (3.25)$$

где  $Y_i$  – выделение двуокиси углерода одним животным данной категории, л/ч;

$m_i$  – количество животных данной категории.

Из двух расчетных расходов вентиляционного воздуха принимается наибольший. После этого необходимо определить расход воздуха на 1 ц живой массы животных:

$$W = W/mG, \quad (3.26)$$

где  $G$  – средняя масса одного животного, ц.

В переходный и теплый периоды года при открытых вытяжных каналах естественной вентиляции обеспечивается необходимый воздухообмен из условий удаления избыточного тепла.

### 3.4. Расчет естественной и механической вентиляции

Естественная вентиляция в соответствии с санитарными нормами должна быть предусмотрена во всех помещениях. Естественное движение воздуха в помещении происходит вследствие разности его плотностей, а также за счет разности давления наружного воздуха с наветренной и заветренной сторон здания.

Естественная вентиляция осуществляется через вытяжные каналы, шахты, форточки и фрамуги зданий. Она позволяет подавать в помещения и удалять из них большие объемы воздуха без применения вентиляторов, вследствие этого она дешевле механических систем вентиляции. Естественная вентиляция является наиболее мощным средством удаления избыточного тепла из горячих цехов.

Недостаток этой вентиляции – зависимость ее эффективности от температуры наружного воздуха, силы и направления ветра.

По характеру действия естественная вентиляция может быть организованной и неорганизованной. Естественная система вентиляции считается организованной, если она имеет устройства, позволяющие регулировать направление воздушных потоков и величину воздухообмена. При неорганизованной вентиляции воздух подается в помещения и удаляется из них за счет инфильтрации через неплотности и поры наружных ограждений.

В соответствии с нормативами подачу приточного воздуха с помощью естественной вентиляции в теплый период года следует предусматривать на высоте не менее 0,3 м и не выше 1,8 м, а в холодный период года – не менее 4 м от уровня пола. Общая площадь каналов для подачи воздуха через боковые световые проемы должна быть не менее 20 % площади световых проемов, а фрамуги и жалюзи должны иметь устройства, обеспечивающие направление приточного воздуха вверх в холодный период года и вниз в теплый период года.

Движение воздуха за счет теплового напора основано на том, что теплый воздух внутри помещения имеет меньшую плотность, чем наружный более холодный воздух. За счет разной плотности наружного (более тяжелого) и внутреннего (более легкого) воздуха создается перепад давления  $H_T$  (Па), который и обеспечивает движение воздуха:

$$H_T \approx 9,8h_n(\rho_{вн} - \rho_{вв}), \quad (3.27)$$

где  $h_n$  – высота между серединами приточных и вытяжных проемов, м;

$\rho_{вн}$  и  $\rho_{вв}$  – плотности наружного воздуха и воздуха внутри помещения, кг/м<sup>3</sup>.

Величина теплового напора  $H_T$  растет с увеличением высоты между осями приточных и вытяжных проемов  $h_n$  и разности температур наружного и внутреннего воздуха. Поэтому для регулирования аэрации здания нужно, чтобы оно имело приточные и вытяжные каналы.

Расчет основных параметров вытяжных устройств для естественной вентиляции ведется в такой последовательности:

1. Определяют необходимый воздухообмен  $W$  по вышеприведенным формулам данного параграфа;

2. Плотность воздуха, находящегося внутри помещения –  $\rho_{вв}$  – и снаружи –  $\rho_{вн}$ , кг/м<sup>3</sup>, определяют по таблице или рассчитывают по формулам:

$$\rho_{вв} = \frac{353}{273 + t_{вв}}; \quad (3.28)$$

$$\rho_{вн} = \frac{353}{273 + t_{вн}}, \quad (3.29)$$

где  $t_{вв}$  и  $t_{вн}$  – температура воздуха внутри и снаружи помещений, °С.

3. Рассчитывают скорость  $v$ , м/с, воздушного потока в аэрационном канале или проеме:

$$v = 1,42\psi_c \sqrt{\frac{H_T}{\rho_{вн}}}, \quad (3.30)$$

где  $\psi_c$  – коэффициент, учитывающий сопротивление воздуха в канале, проеме ( $\psi_c = 0,5$ ).

4. Находят суммарную площадь вытяжных каналов или проемов, м<sup>2</sup>:

$$S_{пк} = \frac{W}{3600v}, \quad (3.31)$$

где  $W$  – необходимый воздухообмен, м<sup>3</sup>/с.

5. Определяют число вытяжных устройств  $n_{в\Sigma}$ :

$$n_{в\Sigma} = S_{пк}/f_o, \quad (3.32)$$

где  $f_o$  – площадь сечения вытяжного канала или проема, м<sup>2</sup>.

Использование ветрового напора для аэрации заключается в следующем. Под действием ветра на наветренной стороне здания создается повышенное давление, а на заветренной – пониженное (разрежение). За счет этого и перемещается воздух.

Повышение давления воздуха на наветренной стороне здания и понижение на заветренной – ветровой напор  $H_{в}$ , Па, – можно определить по формуле:

$$H_{в} = \pm\psi_{в}v_{в}^2\rho_{вн}, \quad (3.33)$$

где  $\psi_{в}$  – экспериментальный коэффициент, зависящий от конструкции здания, расположения вентиляционного проема и направления ветра (приведен в таблицах);

$v_{в}$  – скорость ветра, м/с.

Знак «плюс» означает положительное давление, знак «минус» – отрицательное.

Площадь сечения аэрационных отверстий  $S_o$ , м<sup>2</sup>, при ветровом напоре рассчитывается по формуле:

$$S_o = \frac{W}{3600\tau v_{в}}, \quad (3.34)$$

где  $\tau$  – коэффициент расхода, зависящий от условий истечения (приведен в таблицах).

Для усиления тяги существуют специальные устройства – дефлекторы, которые устанавливаются в верхней части вентиляционных каналов. Поток ветра, обтекая дефлектор, создает в канале некоторое разрежение, за счет этого скорость движения воздуха по каналу увеличивается.

Диаметр патрубка  $D$ , м, дефлектора рассчитывают по формуле:

$$D = 0,0188 \sqrt{\frac{W_d}{v_d}}, \quad (3.35)$$

где  $W_d$  – производительность дефлектора, м<sup>3</sup>/ч;

$v_d$  – скорость воздуха в патрубке дефлектора, м/с.

Производительность одного дефлектора  $W_d$  рассчитывают по формуле:

$$W_d = W/n_d, \quad (3.36)$$

где  $W$  – заданный воздухообмен, м<sup>3</sup>/ч;

$n_d$  – число устанавливаемых дефлекторов.

В приближенных расчетах обычно принимают:

$$v_d = (0,2-0,4)v_{в}. \quad (3.37)$$

Эффективность естественной вентиляции зависит от соблюдения правил ее эксплуатации. После монтажа элементов естествен-

ной вентиляции проводят ее испытание. Для этого проверяют ее производительность в период, когда ветер в наибольшей степени способствует усилению воздухообмена, и в период, когда влияние ветра минимально. При испытаниях открывают проемы или каналы на определенную величину, вычисляют общую площадь сечения открытых проемов и каналов  $S_{пк}$ . С помощью крыльчатого анемометра, установленного в середине проема или в центре сечения канала, измеряют среднюю скорость  $v_{ср}$  движения воздуха в проемах и каналах. Производительность вентиляции,  $м^3/ч$ , рассчитывают по формуле:

$$W_{вц} = 3600 v_{ср} S_{пк}. \quad (3.38)$$

Общая длительность испытаний при устойчивом технологическом процессе в цехе должна составлять 1,5–2,0 ч.

В основе расчета всех систем вентиляции лежат приближенные методы, учитывающие с помощью коэффициентов различные факторы, влияющие на производительность вентиляции. Чем больше коэффициентов входит в расчетные формулы, тем больше факторов при этом учитывается и тем точнее будет результат.

Однако в ряде случаев допустимо применение и менее точных формул с обобщенными коэффициентами, учитывающими несколько факторов или только наиболее значимые из них. Применение такого метода оправдано тем, что фактическая производительность любой рассчитанной, спроектированной и смонтированной вентиляции проверяется как перед ее пуском, так и в процессе эксплуатации. Если обнаруживаются отклонения от требуемых показателей, то они устраняются изменением производительности вентилятора.

Расчет системы вентиляции предлагается выполнять в такой последовательности:

1. Вычерчивают схему вентиляционной сети с поворотами, переходами, жалюзи, разбивают ее на участки и подбирают диаметры труб воздухопроводов.

2. Определяют воздухообмен  $W$ ,  $м^3/ч$ , по формулам § 3.3 и находят производительность вентилятора  $W_{в}$ :

$$W_{в} = k_3 W, \quad (3.39)$$

где  $k_3$  – коэффициент запаса (1,3–2,0).

3. Рассчитывают потери напора на прямых участках труб:

$$H_{пп} = \frac{\psi_{\tau} v_{ср}^2 \rho_{вв} l_{\tau}}{2 d_{\tau}}, \quad (3.40)$$

где  $\psi_{\tau}$  – коэффициент, учитывающий сопротивление труб (для металлических труб  $\psi_{\tau} = 0,02$ );

$v_{ср}$  – средняя скорость воздуха на рассчитываемом участке воздушной сети; для прилегающих к вентилятору участков она принимается 8–12 м/с, а для удаленных – 1–4 м/с;

$l_{\tau}$  – длина участка трубы, м;

$d_{\tau}$  – принятый диаметр трубы на участке, м.

4. Рассчитывают местные потери  $H_{м}$ , Па, напора в переходах, коленах, жалюзи и др.:

$$H_{м} = 0,5 \psi_{м} v^2 \rho_{вв}, \quad (3.41)$$

где  $\psi_{м}$  – коэффициент местных потерь напора (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Значения коэффициента потерь напора  $\psi_{м}$

Наименование местного сопротивления	Коэффициент $\psi_{м}$
Колено $\alpha = 90^{\circ}$ ; $\alpha = 120^{\circ}$ ; $\alpha = 150^{\circ}$	1,1
	0,5
	0,2
Внезапное сужение	0,2–0,3
Внезапное расширение	0,2–0,8
Жалюзи – вход	0,5
Жалюзи – выход	3,0

5. Определяют суммарные потери напора  $H_{уч}$ , Па, на участке и в целом на линии  $H_{л}$  по формулам:

$$H_{уч} = H_{пп} + H_{м}; \quad (3.42)$$

$$H_{л} = \sum H_{уч} = H_{в}, \quad (3.43)$$

где  $H_{в}$  – полное давление (напор) вентилятора, Па.

6. Зная величину максимальных потерь, выбирают номер вентилятора  $N$ , коэффициент полезного действия  $\eta_{в}$  и безразмерное число  $A$ . При этом стремятся обеспечить необходимый воздухообмен с помощью вентилятора с наибольшим коэффициентом полезного действия:

7. Найдя величины  $A$  и  $N$ , вычисляют количество оборотов вентилятора по формуле:

$$n_b = A/N. \quad (3.44)$$

8. Рассчитывают мощность  $P_{дв}$ , кВт, электродвигателя для вентилятора:

$$P_{дв} = \frac{H_b W_b}{3,6 \cdot 10^6 \eta_b \eta_{п}}, \quad (3.45)$$

где  $\eta_{п}$  – коэффициент полезного действия передачи (0,90–0,95).

В системах механической вентиляции движение воздуха может также осуществляться эжекторами.

Преимущество искусственной механической вентиляции в том, что она позволяет подавать воздух в любую зону помещения или удалять его из мест образования пыли, влаги, теплоты, газов и т. д. В системах механической вентиляции можно предусматривать устройства для подогрева, увлажнения и очистки воздуха от пыли.

Чтобы воздушная струя не приводила к простудным заболеваниям, она должна иметь как можно больший темп падения скорости и перепада температур. Для этого применяют специальные воздухо-распределительные устройства в виде решеток, плафонов и перфорированных панелей. В зависимости от конструкции воздухо-распределительного устройства струя воздуха может быть плоской или веерной.

У всасывающих отверстий поток воздуха не имеет струйных течений, так как он подтекает к отверстию со всех сторон. Вследствие этого его скорость на расстоянии диаметра всасывающего отверстия  $d_0$  составляет всего 5–6 %  $v_0$ , в то время как в приточной струе она равна 50–60 %  $v_0$  на расстоянии  $10d_0$ .

В практике эксплуатации вентиляционных систем часто возникает задача повышения производительности вентиляции.

Решая ее, необходимо помнить, что производительность вентилятора прямо пропорциональна частоте его вращения, полное давление – квадрату частоты вращения, а потребляемая мощность – кубу скорости вращения.

С целью уменьшения шума, создаваемого вентиляционной системой, следует добиваться выполнения следующего условия:

$$\pi D_b n_b < 1800, \quad (3.46)$$

где  $D_b$  – диаметр рабочего колеса вентилятора, м.

Местная вентиляция подразделяется на вытяжную и приточную. Местная вытяжная вентиляция удаляет вредные вещества от места их образования и таким образом препятствует распространению их по помещению.

В ряде случаев местная вентиляция выполнена в качестве дополнения к общеобменной.

Иногда над местом вредных выделений устанавливают зонт, через который удаляется вентилятором загрязненный воздух. Такой местный отсос открытого типа можно применять лишь в том случае, когда голова работающего не находится в зоне между источником выделения вредных производственных факторов и отверстием зонта.

Местная приточная вентиляция служит для создания воздушных душей, воздушных оазисов или воздушных завес.

Воздушное душирование применяется на рабочих местах производственных помещений:

- а) при воздействии на работающего теплового облучения интенсивностью 349 Вт/м<sup>2</sup> (300 ккал/(м<sup>2</sup> · ч)) и более, а также интенсивностью 174,5–349 Вт/м<sup>2</sup> (150–300 ккал/(м<sup>2</sup> · ч)) при площади излучающих поверхностей в пределах рабочего места более 0,2 м<sup>2</sup>;
- б) при температуре воздуха в рабочей зоне, превышающей нормативные значения;
- в) при открытых производственных процессах с выделением вредных газов и паров и отсутствии местных укрытий.

Интенсивность теплового облучения на рабочих местах определяется характером работы. В тех случаях, когда интенсивность теплового облучения на рабочем месте не постоянна, для расчета следует принимать не максимальные величины, а преобладающие в течение рабочей смены.

Для расчета воздушного душирования горизонтальными и наклонными струями при избытке тепла определяется отношение разности температур:

$$P_{т} = \frac{t_{р3} - t_{р}}{t_{р3} - t_0}, \quad (3.47)$$

где  $t_{р3}$  – температура воздуха в рабочей зоне (температура окружающего воздуха на рабочем месте), принимается исходя из условий работы, °С;

$t_p$  – нормируемая температура на рабочем месте, °С;  
 $t_o$  – температура воздуха на выходе из душирующего патрубка, °С:

$$t_o = t_{\text{охл}} + \Delta t_n, \quad (3.48)$$

где  $t_{\text{охл}}$  – температура воздуха на выходе из форсуночной камеры после адиабатического охлаждения, °С;

$\Delta t_n$  – нагрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах между форсуночной камерой и душирующим патрубком, составляет не менее 1,5 °С.

При значениях  $P_T < 1$  предусматривается адиабатическое охлаждение воздуха, при  $P_T > 1$  – искусственное охлаждение его.

Определяется в зависимости от значения  $P_T$  сечение душирующего патрубка  $F_o$ , м<sup>2</sup>:

$$\begin{aligned} P_T < 0,6 - F_o &= \left( \frac{P_T x}{0,6n} \right)^2; \\ P_T = 0,6-1,0 - F_o &= \left( \frac{x + 5,3P_T - 3,2}{0,75n} \right)^2; \\ P_T > 1 - F_o &= \left( \frac{x}{0,8m} \right)^2, \end{aligned} \quad (3.49)$$

где  $x$  – расстояние от душирующего патрубка до рабочего места;  
 $n$  – опытный коэффициент, характеризующий изменение температуры или концентрации газов по оси струи;  
 $m$  – опытный коэффициент, характеризующий изменение скорости по оси струи.

Выбирается модель патрубка и его сечение.

Определяется скорость воздуха на выходе из патрубка  $v_o$ , м/с:

$$\begin{aligned} P_T < 0,6 - v_o &= \frac{v_p x}{0,7m\sqrt{F_o}}; \\ P_T = 0,6-1,0 - v_o &= \frac{v_p}{0,7 + 0,1(0,8m\sqrt{F_o} - x)}; \end{aligned} \quad (3.50)$$

$$P_T > 1 - v_o = \frac{v_p}{0,7},$$

где  $v_p$  – нормируемая скорость воздуха на рабочем месте, м/с.

При величинах  $P_T$ , близких к 1, могут получиться патрубки очень больших размеров. В этих случаях необходимо предусматривать искусственное охлаждение воздуха и вести расчет по формулам, предложенным для условия  $P_T > 1$ .

Определяется температура воздуха, выходящего из приточного патрубка, °С:

$$t_o = t_{p3} - \frac{(t_{p3} - t_p)x}{0,6n\sqrt{F_o}}. \quad (3.51)$$

Если кроме расстояния до душирующего патрубка  $x$  задан его размер  $F_o$ , причем  $\frac{x}{\sqrt{F_o}} > 1$ , то скорость движения воздуха, м/с, определяется по формуле:

$$v_o = \frac{v_p x}{0,7m\sqrt{F_o}}. \quad (3.52)$$

Определяется расход воздуха, подаваемого через душирующий патрубок, м<sup>3</sup>/ч:

$$W = 3600F_o v_o, \quad (3.53)$$

При расчете воздушного душирования горизонтальными и наклонными струями при выделении вредных газов определяется отношение разностей концентрации газов:

$$P_K = \frac{K_{p3} - K_p}{K_{p3} - K_o}, \quad (3.54)$$

где  $K_{p3}$  – концентрация газов в рабочей зоне (принимается исходя из условий работы), мг/м<sup>3</sup>;

$K_p$  – предельно допустимая концентрация газов на рабочем месте, принимается по нормативам, мг/м<sup>3</sup>;



$K_0$  – концентрация газов в воздухе, подаваемом из душирующего патрубка, мг/м<sup>3</sup>.

Выбирается тип воздухораспределителя и определяются коэффициенты  $m$  и  $n$ .

Определяется сечение душирующего патрубка  $F_0$ , м<sup>2</sup>:

$$P_k < 0,4 - F_0 = \left( \frac{P_k x}{0,4n} \right)^2; \quad (3.55)$$

$$P_k = 0,4 - 1,0 - F_0 = \left( \frac{x + 3,7P_k - 1,5}{0,75n} \right)^2.$$

Выбираем модель патрубка по его сечению.

Определяется скорость воздуха на выходе из патрубка  $v_0$ , м/с:

$$P_k < 0,4 - v_0 = \frac{v_p x}{0,5m\sqrt{F_0}};$$

$$P_k = 0,4 - 1,0 - v_0 = \frac{v_p}{0,55 + 0,14(0,8m\sqrt{F_0} - x)}.$$

Определяется температура воздуха, выходящего из патрубка

$$P_k < 0,4 - t_0 = t_{p3} - \frac{(t_{p3} - t_p)x}{0,45n\sqrt{F_0}};$$

$$P_k = 0,4 - 1,0 - t_0 = t_{p3} - \frac{(t_{p3} - t_p)}{0,45 + 0,25(0,75n\sqrt{F_0} - x)}.$$

Определяется расход воздуха, подаваемого через душирующий патрубков, м<sup>3</sup>/ч:

$$W = 3600F_0v_0. \quad (3.58)$$

Поток воздуха из душирующего патрубка должен омывать голову, туловище и верхнюю часть ног человека. Ось воздушного потока направляют горизонтально или сверху под углом 45°.

### 3.5. Снижение выбросов вредных веществ

Охрана воздушного бассейна от промышленных выбросов – это не только защита человека и природной среды, но и важнейший элемент охраны труда на предприятиях, являющихся источниками вредных веществ.

Предприятия считаются не оказывающими вредного влияния на атмосферный воздух, если ни один их источник выбросов не попадает в категорию опасности:

$$M/ПДК \geq \Phi, \quad (3.59)$$

где  $M$  – максимальная величина выброса вредного вещества в атмосферу из источника, мг/с;

ПДК – предельная максимально-разовая концентрация, мг/м<sup>3</sup>;

$\Phi$  – величина, характеризующая условный расход воздуха, необходимого для разбавления вредного вещества, поступающего в атмосферу, до ПДК, м<sup>3</sup>/с.

Для  $H \leq 10$   $\Phi = 0,1$  м<sup>3</sup>/с; для  $H > 10$   $\Phi = 0,01H$ , где  $H$  – средняя по предприятию высота источников выбросов данного вещества, м.

Категория опасности предприятия (КОП) определяется из выражения:

$$КОП = \sum_{i=1}^N \left( \frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (3.60)$$

где  $M_i$  – масса выброса  $i$ -го вещества, т/год;

ПДК <sub>$i$</sub>  – среднесуточная предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества, мг/м<sup>3</sup>;

$n$  – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;

$\alpha_i$  – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности  $i$ -го вещества с вредностью сернистого газа (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Значение  $\alpha_i$  для веществ различных классов опасности

Константа	Класс опасности веществ			
	1	2	3	4
$\alpha_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Значение КОП рассчитывают при условии, что

$$\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} > 1. \quad (3.61)$$

В случае, когда  $M_i/\text{ПДК}_i < 1$ , значение КОП не определяют. Для расчета КОП при отсутствии среднесуточных предельно допустимых концентраций (ПДК<sub>СС</sub>) используют значения максимально-разовых ПДК, ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) или уменьшенные в 10 раз значения ПДК рабочей зоны. При отсутствии информации о ПДК или ОБУВ значение КОП приравнивают к массе выбросов данных веществ.

На основе расчета концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, создаваемых источником выбросов, устанавливаются предельно допустимые выбросы веществ (ПДВ), переносимые воздушными потоками от стационарных источников.

ПДВ, являясь научно-техническим нормативом, устанавливается 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 предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

Рассеивание вредных примесей в атмосфере от холодных и нагретых источников происходит по-разному. Мерой нагретости газовой смеси служит разность температур выброса при выходе из устья источника и окружающего воздуха:

$$\Delta T = T_r - T_b, \quad (3.62)$$

где  $T_r$  – температура газовой смеси, град.;  
 $T_b$  – температура окружающего воздуха, град.

Скорость перемещения температурного фронта ( $v_r$ ) определяется по формуле:

$$v_r = 1,3v_y \frac{D}{H}, \quad (3.63)$$

где  $v_y$  – скорость выхода смеси из устья, м/с;  
 $D$  – диаметр устья источника выброса, м.

При  $\Delta T > T_b$ :

$$v_y = \frac{4W_1}{3,14D^2}, \quad (3.64)$$

где  $W_1$  – объем газовой смеси, м<sup>3</sup>/с.

Ускорение перемещения фронта охлаждения смеси учитывается параметром  $f$ , м/(с<sup>2</sup> · град.):

$$f = \frac{v_e^2 D \cdot 10^3}{H^2 \Delta T}. \quad (3.65)$$

Выбросы, для которых  $f \geq 100$ , относятся к холодным, при  $f < 100$  – к нагретым.

Величина опасной скорости ветра ( $v_{оп}$ ) на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой имеет место наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, определяется из следующих соотношений:

- $v_{оп} = 0,5$  м/с при  $v_r \leq 0,5$ , а  $\Delta T > T_b$ ;
- $v_{оп} = v_r$  при  $0,5 < v_r \leq 2$ , а  $\Delta T > T_b$ ;
- $v_{оп} = v_r(1 + 0,12f)$  при  $v_r > 2$ , а  $\Delta T > T_b$ ;
- $v_{оп} = 2,2v_r$  при  $v_r > 2$ , а  $\Delta T < T_b$ .

Для определения условий выхода газовой смеси из устья источника выброса вводятся безразмерные коэффициенты  $m$  и  $n$ :

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f}} + 0,34\sqrt[3]{f}; \quad (3.66)$$

- $n = 3$  при  $v_r \leq 0,3$ ;
- $n = 3 - (v_r - 0,3)(4,34 - v_r)$  при  $0,3 < v_r \leq 2$ ;
- $n = 1$  при  $v_r > 2$ .

Величина максимальной приземной концентрации вредных веществ ( $C_{max}$ ) одиночного источника с круглым устьем для выброса нагретой и газовой смеси при неблагоприятных метеорологических условиях определяется по формуле:

$$C_{max} = \frac{AMFm\eta}{H^2 \sqrt[3]{W_1 \Delta T}}, \quad (3.67)$$

где  $A$  – коэффициент, характеризующий неблагоприятные климатические условия (для РБ  $A = 120$ );

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

$F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий интенсивность оседания вредных веществ в атмосферном воздухе. Для газообразных веществ и мелкодисперсных аэрозолей, когда скорость упорядоченного оседания наиболее крупных фракций 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 –  $F = 3$ ;

$\eta$  – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях.

Величина максимальной приземной концентрации вредных веществ ( $C_{\max}$ ) для выброса холодной газовой смеси из круглого устья одиночного источника при неблагоприятных метеорологических условиях определяется по формуле:

$$C_{\max} = \frac{AMFm\eta}{\sqrt[3]{H^4}} \cdot \frac{D}{8\sqrt{W_1}}. \quad (3.68)$$

Расстояние от источника выброса ( $\ell_T$ ), на котором достигается максимальная приземная концентрация вредного вещества, находится из следующих соотношений:

$$\begin{aligned} & - \ell_T = dH \text{ при } F < 2; \\ & - \ell_T = \frac{5-F}{4dH} \text{ при } F \geq 2. \end{aligned} \quad (3.69)$$

Для выбросов нагретой газовой смеси из одиночного источника с круглым устьем или группы таких близко расположенных одинаковых источников в случаях, когда фоновая концентрация ( $C_\phi$ ) рассматриваемой примеси установлена не зависящей от направления и скорости ветра и постоянной по всей территории промплощадки, принимаем  $C_\phi = C_{\max}$ .

Расчет ПДВ для источника нагретых выбросов, г/с:

$$ПДВ_{p,n} = \frac{(ПДК - C_\phi)H^2\sqrt[3]{W_1\Delta T}}{AFmnr}. \quad (3.70)$$

где  $r$  – поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от рельефа местности (1–1,5).

Величина ПДВ для случая выброса холодной газовой смеси при прочих условиях:

$$ПДВ_{p,x} = \frac{(ПДК - C_\phi)H^2\sqrt[3]{H_1 \cdot 8W}}{AFДnr}. \quad (3.71)$$

Величина ПДВ устанавливается для конкретного источника и вещества. С учетом полученного значения ПДВ определяется требуемая степень очистки отходящих пылегазовых потоков перед их выбросом в атмосферу.

Для улавливания газов (паров) и аэрозолей применяют различные сухие и мокрые очистные устройства и их комбинации. Выбор очистного устройства зависит от агрегатного состояния улавливаемых вредных веществ, их дисперсного состава и концентрации, физико-химических свойств (плотности, смачиваемости, гигроскопичности, растворимости и др.).

Работа установок очистки газа характеризуется такими показателями как эффективность (степень) очистки, гидравлическое сопротивление газоочистного аппарата, расход энергоресурсов, стоимость установки и очистки. Эти показатели следует учитывать при выборе оптимального варианта очистки.

Очистка вентиляционных и технологических выбросов от вредных веществ может осуществляться следующими способами: механическим (сухим и мокрым), электрическим, термическим, биологическим и др.

Механический способ (сухой) применяется для очистки газа от аэрозолей. Основан на использовании одного или нескольких механизмов осаждения взвешенных частиц: гравитационного, инерционного, центробежного, зацепления, диффузионного, термофореза и некоторых других.

В газоочистных аппаратах используются в основном первые три механизма осаждения частиц: гравитационный (пылеосадительные камеры), инерционный (инерционные пылеуловители) и центробежный (одиночные, групповые и батарейные циклоны; вихревые

и динамические пылеуловители). Часто перечисленные пылеуловители выполняют роль аппаратов предварительной очистки.

Пылеуловители фильтрационного действия используются для фильтрации газа через пористую перегородку (фильтрующую среду), в результате чего твердые или жидкие частицы, взвешенные в газе, задерживаются в ней, а газ полностью проходит сквозь нее. Фильтры тонкой очистки рекомендуется использовать для улавливания частиц при входной концентрации менее  $1 \text{ мг/м}^3$  и скорости фильтрации  $10 \text{ см/с}$ . Фильтры для очистки атмосферного воздуха используются в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха. Они применяются при входной концентрации частиц менее  $50 \text{ мг/м}^3$  и скорости фильтрации до  $2,5\text{--}3,0 \text{ м/с}$ . Промышленные фильтры (тканевые, зернистые, грубоволокнистые) рекомендуется использовать для очистки газов с входной концентрацией дисперсной фазы до  $60 \text{ г/м}^3$ . Эффективность очистки в фильтрах может достигать  $95\text{--}98 \%$ .

Для улавливания паров органических соединений, токсичных газов рекомендуется использовать адсорберы (вертикальные, горизонтальные и кольцевые). Адсорбционная очистка применяется, когда концентрация вредных веществ в паровоздушных смесях на  $2/3$  ниже нижнего предела взрываемости этих веществ и составляет  $4\text{--}5 \text{ г/м}^3$ .

В качестве орошающей жидкости в мокрых пылеуловителях (при «мокром» механическом способе очистки газа от вредных веществ) чаще всего применяется вода. Рекомендуются следующие мокрые пылеуловители: полые газопромыватели (оросительные устройства, промывные камеры, полые и форсуночные скрубберы); насадочные скрубберы; тарельчатые газопромыватели (барботажные и пенные аппараты); газопромыватели с подвижной насадкой; мокрые аппараты ударно-инерционного действия (ротоклоны); мокрые аппараты центробежного действия; механические газопромыватели (механические скрубберы, динамические скрубберы); скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури, эжекторные скрубберы).

Для абсорбционной очистки газов рекомендуется использовать ротоклоны, скрубберы Дойля, скрубберы Вентури.

Очистка вентиляционного воздуха может осуществляться и с помощью двухзонных электрофильтров. Эффективность улавливания вредных веществ обеспечивается в интервале дисперсности частиц от  $0,01$  до  $100 \text{ мкм}$ . Концентрация взвешенных частиц в газе

может колебаться от долей  $\text{г/м}^3$  до  $50 \text{ г/м}^3$ , а температура газового потока может достигать  $500 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Термический способ обезвреживания газообразных выбросов подразделяется на огневое обезвреживание и окисление газообразных органических соединений в присутствии катализатора.

Для первого случая рекомендуется использовать шахтные, камерные, барабанные и циклонные печи сжигания. Огневое обезвреживание экономически оправдано при высоких концентрациях примесей в выбросах. Каталитическое дожигание рекомендуется, когда концентрация вредных веществ составляет  $10\text{--}50 \text{ г/м}^3$ . В качестве носителей металлов, применяемых как катализаторы, можно использовать медь, цинк, марганец и др., а также силикагель, пемзу, керамику.

### 3.6. Снижение производственного шума

Шум представляет собой беспорядочное сочетание разнообразных звуков, состоящих из колебаний воздуха, различающихся по частоте и силе.

Наиболее сильный шум в животноводческих помещениях воспроизводят кормозаготовительные, кормоприготовительные и кормораздающие машины, доильные установки. Шум вблизи выхлопа вакуумных насосов доильных установок составляет  $96\text{--}103 \text{ дБ}$ .

Механические шумы вызываются инерционными возмущениями в механизмах, соударениями и трением между деталями в кинематических парах.

Шумы электрического происхождения обусловлены колебаниями, возникающими в результате взаимодействия магнитных полей. Эти шумы, как и шумы гидродинамического происхождения, как правило, незначительны.

Шум снижает производительность труда и устойчивость внимания, усиливает воздействие других производственных вредностей и на  $15 \%$  повышает количество случаев профессиональных заболеваний. В условиях повышенного шума работники животноводства чаще ошибаются и подвергаются опасностям.

Высокие уровни шума приводят к ухудшению слуха, вызывают боль, снижают внимание и производительность труда (рис. 3.7).

Критерий опасности основан на способности звука нарушать речевую связь, причинять травму органам слуха (потерю слуха), вы-

зывать чувство неудобства или раздражения или ухудшать работоспособность.

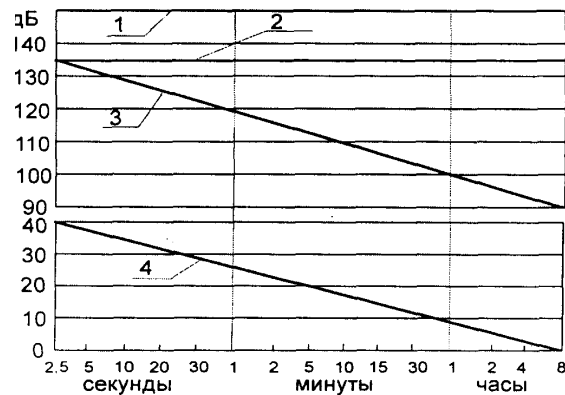


Рис. 3.7. Критерии риска повредить слух при воздействии шума менее 8-ми часов:

1 – предел звукового давления для тела человека; 2 – болевой предел для незащищенных ушей; 3 – предел воздействия для октавных полос более 300 Гц; 4 – допустимое увеличение сверх 8-ми часового воздействия

Сильный шум вызывает расстройства центральной нервной системы, снижение инстинкта самосохранения, нарушения самоконтроля, искажения в восприятии сигналов и цвета, снижает остроту зрения, а также нарушает оценку расстояния.

При постоянном шуме на уровне 90–100 дБ можно ожидать снижение слуха после 4-часового воздействия.

В таком состоянии человек часто ошибается. Ошибки являются причиной многих травм. Одна травма соответствует 360 ошибкам.

Шум в животноводческих помещениях характеризуется как постоянный шум. Для постоянного шума измерялись уровень звука в дБ и октавные уровни звукового давления в дБ.

Средний уровень звука  $hA_{cp}$  (дБ) вычислялся по формуле:

$$hA_{cp} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1hA_i} - 10 \lg n, \quad (3.72)$$

где  $hA_i$  – измеренный уровень звука, дБ;

$i = 1, 2, \dots, n$ ;

$n$  – количество измерений в очке;

$$10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1hA_i} - \text{суммарный уровень звука.}$$

В помещении, где установлены вакуумные насосы доильных установок, уровень шума от насоса составил 99 дБ. При открытой двери насосной шум распространяется на все помещение коровника и на самом близком рабочем месте доярки составил 103 дБ.

Кроме коровника шум измерялся в летнем лагере. При включении вакуумных насосов доильных установок шум составил 102 дБ. В частотном диапазоне 63–4000 Гц значение уровней звукового давления превышало норму на 2–19 дБ.

Как физическое явление шум – это волновое колебание упругой среды, как физиологическое явление он определяется ощущением, воспринимаемым органом слуха при воздействии звуковых волн в диапазоне частот 16–20 000 Гц.

Звуковая волна характеризуется давлением  $P$  (Па), колебательной скоростью  $C$  (м/с), интенсивностью  $I$  (Вт/м<sup>2</sup>).

Эти величины связаны между собой соотношением:

$$I = \frac{P^2}{C\rho}, \quad (3.73)$$

где  $C$  – скорость распространения звука (для воздуха при  $t = 20$  °С  $C = 343$  м/с, для воды  $C = 1500$  м/с, а для металлов  $C = 3000$ – $4000$  м/с);  $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup> (для воздуха  $\rho = 12 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>).

Величины звукового давления и интенсивности, с которыми приходится иметь дело в практике борьбы с шумом, меняются в широких пределах: по давлению – в  $10^8$  раз, по интенсивности – в  $10^{16}$  раз. Естественно, что оперировать такими цифрами довольно неудобно. Поэтому в качестве основной величины, участвующей в нормировании шума и в расчетах по шумоглушению, приняты логарифмические величины – уровни звукового давления или уровни интенсивности, выраженные в децибелах (дБ или dB).

Уровни интенсивности звука (дБ) определяют по формуле:

$$L = 10 \lg I/I_0, \quad (3.74)$$

где  $I_0$  – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости.

Величина уровня звукового давления (дБ):

$$L = 20 \lg P / P_0, \quad (3.75)$$

где  $P_0$  – пороговая величина звукового давления при частоте 1000 Гц.

Величина уровня интенсивности применяется для акустических расчетов, а уровня давления – для измерения шума и оценки его воздействия на человека.

При нормальных атмосферных условиях уровни давления и интенсивности равны.

Уменьшение шума также оценивается в децибелах:

$$L_1 - L_2 = 20 \lg P_1 / P_2 = 10 \lg I / I_0. \quad (3.76)$$

Например, если шум двигателя внутреннего сгорания снизить по интенсивности в 100 раз, то уровень интенсивности будет уменьшен на

$$L_1 - L_2 = 10 \lg 100 = 20 \text{ (дБ)}. \quad (3.77)$$

При совместном действии различных источников шума складываются не уровни их звукового давления, а интенсивности. Поэтому общий уровень определяют по формулам:

– для одинаковых источников:

$$L_{\text{общ}} = L + 10 \lg N, \quad (3.78)$$

где  $L$  – уровень звукового давления одного источника;

$N$  – количество источников;

– для двух разных источников:

$$L_{\text{общ}} = L_{\text{max}} + D, \quad (3.79)$$

где  $L_{\text{max}}$  – уровень большого шума, дБА;

$D$  – добавка, зависящая от разности уровней двух источников.

Степень вредности шума определяется его уровнем, частотным составом и продолжительностью действия. Нормы допустимого шума на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки регламентируются требованиями ГОСТ 12.1.003-83, СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 и ТКП 45-2.04-154-2009.

При нормировании шума используют два метода:

- 1) нормирование по предельному спектру (ПС);
- 2) нормирование уровня звука в дБА ( $L_A$ ).

Первый метод нормирования является основным для постоянных шумов, уровни звука которых в течение рабочей смены изменяются во времени не более чем на 5 дБ. Здесь нормируются уровни звуковых давлений в дБ в девяти октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Совокупность девяти нормативных уровней звукового давления называют предельным спектром (ПС). Номер предельного спектра означает уровень при частоте 1000 Гц.

Второй метод нормирования применяют для ориентировочной оценки шума (например, при проверке органами надзора, выявлении необходимых мер по шумоглушению и др.). Здесь нормируемой характеристикой является общий уровень звукового давления, измеренный по шкале А шумомера и именуемый уровнем звука в дБА.

Характеристикой непостоянного шума, уровень звука которого за восьмичасовой рабочий день (рабочую смену) изменяется более чем на 5 дБА на рабочих местах, является интегральный критерий – эквивалентный по энергии уровень звука в дБА, определяемый по формуле:

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \frac{1}{T} \int \left( \frac{P_a(t)}{P_0} \right)^2 dt, \quad (3.80)$$

где  $T$  – время действия шума, ч;

$P_a(t)$  – текущее значение среднего квадратичного звукового давления с учетом коррекции <A> шумомера;  $P_0$  – исходное значение звукового давления,  $P_0 = 0,00002$  Па.

Допускается в качестве характеристики непостоянного шума использовать дозу шума или относительную дозу шума.

Допустимую дозу шума  $D_{\text{доп}}$  определяют по формуле:

$$D_{\text{доп}} = P_{\text{Адоп}}^2 T_{\text{р.д}}, \quad (3.81)$$

где  $P_{\text{Адоп}}$  – значение звукового давления, соответствующего допустимому уровню звука, Па;

$T_{\text{р.д}}$  – продолжительность рабочего дня (смены), ч.

Фактическая доза – интегральная величина, учитывающая акустическую энергию, которая воздействует на человека за определенный период времени, и определяемая по формуле:

$$D = \int P_A^2(t) dt. \quad (3.82)$$

Относительную дозу шума в процентах определяют по формуле:

$$D_{\text{отн}} = \frac{D}{D_{\text{доп}}} \cdot 100 \%. \quad (3.83)$$

Для уменьшения шума применяются следующие основные методы:

- 1) уменьшение возмущения звуковых колебаний в источнике;
- 2) изменение направленности излучения;
- 3) рациональная планировка предприятий и цехов;
- 4) звукоизоляция;
- 5) звукопоглощение;
- 6) применение средств индивидуальной и коллективной защиты.

Предпочтение всегда следует отдавать первому методу, т. к. при этом уменьшается влияние причин, вызывающих повышенный шум. Однако выявить эти причины в ряде случаев весьма затруднительно, т. к. на увеличение уровней шума оказывают одновременно влияние целый ряд механизмов, систем, кинематических пар. С одной стороны это связано с кинематикой и динамикой механизмов, совершенством выбранных конструктивных решений и материалов, а с другой – с технологией изготовления, сборки и т. д. На определенном этапе методы уменьшения шума в источнике становятся экономически нецелесообразными. Поэтому в практике борьбы с шумом чаще комплексно используются различные методы.

Для уменьшения шумов механического происхождения непосредственно в источнике применяется, например, оборудование с гидроприводом вместо механизмов с кривошипными и эксцентриковыми приводами, косозубые и шевронные шестерни вместо прямозубых, по возможности следует применять клиноременные и зубчатоременные передачи вместо зубчатых и цепных передач. Замена подшипников качения на подшипники скольжения приводит в ряде случаев к уменьшению шума порядка 10 дБ. По возможности следует заменять металлические детали деталями из пластмасс и других «незвучных» материалов. Необходимо применять балансировку вращающихся элементов машин, уравновешивание механизмов.

В большинстве случаев меры по ослаблению аэродинамических шумов в источниках оказываются недостаточно эффективными, и часто основное снижение шума достигается путем установки

глушителей или звукоизоляцией источников. На сегодня, например, большую проблему составляет уменьшение шума сгорания топлива в дизелях.

Снижение электромагнитных шумов достигается путем конструктивных изменений в электрических машинах, например, путем изготовления скошенных пазов якоря ротора. В трансформаторах необходимо применять более плотную прессовку пакетов, использовать демпфирующие материалы. Хорошая притирка щеток может уменьшить шум на 8–10 дБ. Уменьшение механического шума при этом, кроме того, достигается лучшей балансировкой ротора.

Изменение направленности излучения шума достигается соответствующей ориентацией установок по отношению к рабочим местам. Например, отверстия воздухозаборной шахты вентиляционной или компрессорной установки должны располагаться так, чтобы максимум производимого шума был направлен в противоположную от рабочего места или от жилого дома сторону.

При рациональной планировке наиболее шумные источники должны располагаться по возможности дальше от другого оборудования. При этом шумные источники должны оказывать минимальное влияние на жилые массивы.

Шум из одного помещения в другое может распространяться по трем направлениям:

1. Через ограждение, которое под действием переменного давления падающей на него волны, колеблясь как диафрагма, излучает шум в тихое помещение.
2. Непосредственно по воздуху через различного рода щели и отверстия.
3. Посредством вибраций, возбуждаемых в строительных конструкциях механическим путем (удары, хождение и т. п.).

В первых двух случаях передаются звуки, возникающие и распространяющиеся по воздуху и условно называемые воздушными звуками. В третьем случае энергия возникающих упругих колебаний распространяется по конструкциям (стенам, перекрытиям, трубопроводам и т. п.) и затем излучается в виде шума. Такие колебания называют структурным шумом.

Уменьшение шумов достигается применением средств коллективной и индивидуальной защиты. Средствами коллективной защиты являются акустическая обработка залов, салонов, рабочих помещений, улучшение герметичности дверных и др. проемов, что позволяет уменьшить проникновение шума из этих помещений.

К средствам индивидуальной защиты от шума относят вкладыши, наушники, шлемы. Вкладыши устанавливаются непосредственно в ушную раковину (снижение шума – 6–20 дБ). Наушники плотно облегают ушную раковину и удерживаются дугообразной пружиной. При интенсивных шумах (более 120 дБ) используют специальные шлемы.

При таких производственных процессах как клепка, обрубка, штамповка, зачистка, при обкатке и испытаниях ДВС и т. д., когда уменьшить шум общетехническими мероприятиями не всегда удается, средства индивидуальной защиты являются основными мерами.

Одним из широко используемых на практике методов снижения шума на предприятиях является применение звукопоглощающих облицовок, которые служат для поглощения звука в помещениях с самим источником шума и в изолированных от него.

Свойством поглощать звук в большей или меньшей степени обладают все материалы, однако к звукопоглощающим принято относить только те из них, у которых значение коэффициента поглощения  $\lambda > 0,3$  ( $\lambda = I_{\text{погл}}/I_{\text{пад}}$ , где  $I_{\text{погл}}$  и  $I_{\text{пад}}$  – интенсивности поглощенного и падающего звука, Вт/м<sup>2</sup>). Звукопоглощающие материалы – это пористые и рыхлые волокнистые материалы типа ультратонкого стеклянного и базальтового волокна, минеральной ваты и плит на ее основе, капронового волокна, специальных акустических плит и др. Процесс поглощения звука происходит в результате превращения звуковой энергии в тепловую. Падающие на звукопоглощающую поверхность звуковые волны вызывают колебания воздуха в узких порах материала, и вследствие вязкости воздуха эти колебания сопровождаются трением и переходом кинетической энергии в тепловую. Поскольку звуковая энергия относительно невелика, температура звукопоглощающего материала даже при полном поглощении звука увеличивается незначительно.

Наибольший эффект при акустической обработке можно получить в точках, расположенных в зоне отраженного звука; в зоне прямого звука акустический эффект от применения облицовок значительно ниже. Максимальное снижение уровня звукового давления составляет 10–12 дБА в отраженном звуковом поле и 4–5 дБА преимущественно в зоне прямого звука.

Звукопоглощающие облицовки на потолке и в верхней части стен размещаются при высоте помещений не более 6–8 м так, чтобы акустически обработанная поверхность составляла не менее 60 % от общей площади стен и потолка.

Уровень снижения шума с помощью звукопоглощающих материалов зависит также от вида помещения, его размеров, формы, реверберационного коэффициента звукопоглощения облицовки  $\lambda_{\text{обл}}$  и ее площади  $S_{\text{обл}}$ .

Необходимость акустической обработки помещения определяется величиной его акустических характеристик: постоянной  $B$  и средним коэффициентом звукопоглощения  $\lambda$ . Рассмотрим методику расчета снижения шума на рабочих местах. Расчет построен так, что при выбранной конструкции звукопоглощающей облицовки с учетом спектра уменьшаемого шума постепенно с определенным шагом площадь облицовки увеличивается до получения требуемого снижения шума в заданном диапазоне частот. Его выполняют в девяти октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, ..., 8000 Гц (см. выше).

Зададим число активных полос  $N < 9$ , исключив из расчета высокочастотные октавные полосы, шум в которых составляет менее 70 дБ, и рассчитаем следующие параметры:

1. Объем помещения, м<sup>3</sup>:

$$V = abh,$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $h$  – длина, ширина и высота помещения, м.

2. Площадь стен, м<sup>2</sup>:

$$S_c = 2h(a + b).$$

3. Площадь потолка, м<sup>2</sup>:

$$S_{\text{п}} = ab.$$

4. Площадь внутренних поверхностей помещений, м<sup>2</sup>:

$$S_{\text{в.п}} = 2(h(a + b) + ab).$$

5. Требуемое снижение шума, дБ:

$$\Delta L_{\text{три}} = L_i - L_{\text{доп}i},$$

где  $L_i$  – заданный уровень звукового давления в  $i$ -й октавной полосе частот, дБ;

$L_{\text{доп}i}$  – допустимый уровень шума, дБ (ГОСТ 12.1.003-83, СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002, ТКП 45-2.04-154-2009).

6. Постоянная помещения на частоте 1000 Гц, м<sup>2</sup>:

$$B_{1000} = abh/20.$$



7. Постоянная помещения в  $i$ -й октавной полосе частот,  $m^2$ :

$$B_{ci} = B_{1000}\mu_i,$$

где  $\mu_i$  – частотный множитель, заданный в зависимости от объема помещения в трех диапазонах:  $V < 200$ ,  $200 < V < 500$ ,  $V > 500 m^3$ .

8. Средний коэффициент звукопоглощения до облицовки:

$$\lambda_{cpi} = \frac{B_{ci}}{B_{ci} + S_{в.п}}.$$

9. Добавочное звукопоглощение облицовки,  $m^2$ :

$$\Delta A_i = \lambda_{обли} S_r,$$

где  $\lambda_{обли}$  – коэффициент звукопоглощения выбранной облицовки.

10. Звукопоглощение с облицовкой:

$$A_{1i} = \lambda_{cpi}(S_{в.п} - S_r).$$

11. Средний коэффициент звукопоглощения после облицовки:

$$\lambda_{1i} = \frac{A_{1i} + \Delta A_i}{S_{в.п}}.$$

12. Постоянная помещения после облицовки:

$$B_{1i} = \frac{A_{1i} + \Delta A_i}{1 - \lambda_{1i}}.$$

13. Снижение шума, обеспечиваемое облицовкой:

$$\Delta L_i = 10 \lg(B_{1i}/B_{ci}).$$

Если  $\Delta L_i > \Delta L_{доп}$ , расчет в  $i$ -й октавной полосе частот заканчивают и переходят к  $(i + 1)$ -й октавной полосе; если  $\Delta L_i < \Delta L_{доп}$ ,  $S_{pi}$  увеличивают на  $0,05 m^2$ :  $S_{pi} = S_{pi} + 0,05$  за счет облицовки стен, необлицованная площадь которых уменьшается на  $0,05 m^2$ :  $S_{ci} = S_{ci} - 0,05$ . В этом случае осуществляют переход к пункту 9.

Когда площадь стен  $S_{ci}$  исчерпана, предлагается либо изменить облицовку, либо перейти к  $(i + 1)$ -й октавной полосе без обеспечения в  $i$ -й октаве допустимого уровня шума. При компьютерном расчете исходные данные вводятся в диалоговом режиме на запрос программы.

### 3.7. Защита от вибрации на рабочих местах

Некоторые виды вибрации неблагоприятно действуют на нервную и сердечно-сосудистую системы, а также на вестибулярный аппарат. Особенно вредна вибрация, частота которой совпадает с собственной резонансной частотой колебаний отдельных органов тела человека. Локальная вибрация поражает нервно-мышечный и опорно-двигательный аппарат и приводит к спазму периферических сосудов, вибрационной болезни. Наблюдаются изменения сердечной деятельности, общее возбуждение или торможение, утомляемость, появление болей, тошноты. В этих случаях вибрации влияют на периферийное кровообращение, слух, зрение.

Снижение вибрации машин и механизмов достигается либо воздействием на источник вибраций – переменные силы в конструкции, либо воздействием на колебательную систему, в которой эти силы действуют.

Борьба с вибрацией в источнике возникновения аналогична описанным выше методам борьбы с шумом также в источнике возникновения.

Устранение резонансных режимов осуществляется двумя путями: либо изменением характеристик системы (масса и жесткость), либо установлением нового рабочего режима (отстройка от резонансного значения угловой скорости).

**Виброизоляция** – уменьшение уровня вибрации защищаемого объекта путем уменьшения передачи колебаний этому объекту от источника колебаний. Виброизоляция осуществляется посредством введения в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибрации от машины-источника колебаний к основанию или смежным элементам конструкции; эта упругая связь может также использоваться для ослабления передачи вибраций от основания на человека либо на защищаемый агрегат.

**Вибродемпфирование** – это уменьшение уровня вибраций защищаемого объекта путем превращения энергии механических колебаний данной колебательной системы в другие виды энергии. Увеличение потерь энергии в системе может производиться:

а) использованием для конструктивных элементов материалов с большим внутренним трением;

б) нанесением слоя упруго-вязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение;

в) использованием поверхностного трения (например, при колебаниях изгиба двух скрепленных и прилегающих друг к другу пластин);

г) переводом механической энергии колебаний в энергию токов Фуко или электромагнитного поля.

Во всех случаях энергия вибраций непосредственно или после дополнительного превращения переходит в тепловую. Наиболее часто используются первые два способа. С точки зрения снижения вибраций наиболее предпочтительным является использование в качестве конструктивных материалов пластмассы, дерева, резины. Так, в редукторах используются шестерни из капрона, текстолита и дельта-древесины. Начат выпуск ручного механизированного инструмента в корпусах из полимерных материалов. Это в значительной мере ослабляет воздействие вибраций на руки работающих. Когда применить капроновые материалы в качестве конструктивных не представляется возможным, то для снижения вибраций используются вибродемпфирующие покрытия. Листовые мягкие вибродемпфирующие покрытия из резины, поролон и др. материалов для изделий со сложной конфигурацией применить затруднительно, поэтому в данном случае используются различные масляные покрытия.

**Виброгашение** осуществляется чаще всего путем установки специальных виброгасителей. Виброгасители устанавливаются на вращающихся элементах или крепятся к вибрирующему агрегату, и в них возбуждаются колебания, находящиеся в противофазе с колебаниями агрегата. Недостатком динамических виброгасителей является то, что они действуют только при определенной частоте, соответствующей их резонансному режиму колебаний, даже незначительные изменения частоты вибраций агрегата резко снижают эффективность действия виброгасителя.

Произведем расчет виброизоляции колеблющегося основания (площадки).

Коэффициент виброизоляции:

$$\mu = A_0/\alpha A, \quad (3.84)$$

где  $A_0$  – допустимая величина амплитуды колебаний;

$\alpha$  – коэффициент запаса ( $\alpha = 2-4$ ).

Частота собственных колебаний площадки, на которой находятся люди и оборудование:

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{\frac{1}{\mu} + 1}}, \quad (3.85)$$

где  $f$  – частота генерируемых колебаний, Гц.

Суммарная статическая нагрузка на виброизолятор:

$$P_{ст} = P_{пл} + P_{об}, \quad (3.86)$$

где  $P_{пл}$  – масса площадки;

$P_{об}$  – масса оборудования и людей на ней.

Статическая нагрузка на одну пружину виброизолятора:

$$P'_{ст} = P_{ст}/nm, \quad (3.87)$$

где  $n$  – число виброизоляторов;

$m$  – число пружин в одном виброизоляторе.

Расчетная максимальная нагрузка на одну пружину:

$$P_g = P'_{ст} + \frac{1,5 \cdot 4\pi^2 f^2 A_0 P'_{ст}}{\alpha \cdot 10g}. \quad (3.88)$$

Величина статической осадки виброизоляторов:

$$X_{ст} = (5/f_0)^2. \quad (3.89)$$

Упругость пружины виброизолятора:

$$K = P_g/X_{ст}. \quad (3.90)$$

Диаметр проволоки пружины, см:

$$D = 1,6 \sqrt{\frac{R P_g C \cdot 1,2}{[\tau]}}, \quad (3.91)$$

где  $R$  – поправочный коэффициент, учитывающий кривизну витков пружины и зависящий от индекса пружины:

$C$	4	5	6	8	10	12
$R$	1,37	1,29	1,24	1,17	1,14	1,11

$C$  – индекс пружины;

$[\tau]$  – допустимое напряжение на сдвиг для материала пружины;

Средний диаметр пружины:

$$D' = DC.$$

Число рабочих витков  $i$ :

$$i = \frac{GD\lambda_{\max}}{8C^3P_g}, \quad (3.92)$$

где  $G$  – модуль упругости для данной стали;  
 $\lambda_{\max} = 1,2X_{ст}$ .

Высота пружины в свободном состоянии:

$$h_0 = D(i + 1) + \lambda_{\max}, \quad (3.93)$$

под рабочей нагрузкой:

$$h = h_0 - \lambda_{\max}. \quad (3.94)$$

Динамическую характеристику тела человека при воздействии на него локальной или общей вибрации определяют в полосе частот: 5–200 Гц – при действии локальной вибрации; 0,7–200 Гц при действии общей вибрации. Определяют модуль динамической характеристики и (или) ее аргумент для входного механического импеданса при воздействии локальной вибрации, а при воздействии общей вибрации – также для передаточного механического импеданса и для комплексной частотной характеристики (ГОСТ 12.4.094-80).

Модуль динамической характеристики работника при воздействии гармонической вибрации рассчитывают по зависимостям:

– для входного импеданса:

$$|Z_{вх}(j\omega_n)| = F_{1n}/\tilde{u}_{1const}, \quad (3.95)$$

– для передаточного импеданса:

$$|Z_{пер}(j\omega_n)| = F_{1n}/\tilde{u}_{2n}, \quad (3.96)$$

– для комплексной частотной характеристики:

$$|K(j\omega_n)| = \tilde{u}_{2n}/\tilde{u}_{1n}, \quad (3.97)$$

где  $j = \sqrt{-1}$ ;

$\omega_n$  –  $n$ -е значение частоты гармонической вибрации, 1/с;

$F_{1n}$  – среднееквадратическое значение силы на входе при частоте

$\omega_n$ , Н;

$\tilde{u}_{1const}$  – среднееквадратическое значение виброскорости на входе, поддерживаемое постоянным в исследуемой полосе частот, м/с;

$\tilde{u}_{2n}$  – среднееквадратическое значение виброскорости, м/с, виброускорения, м/с<sup>2</sup>, на выходе при частоте  $\omega_n$ ;

$\tilde{u}_{1n}$  – среднееквадратическое значение виброскорости, м/с, виброускорения, м/с<sup>2</sup>, на входе при частоте  $\omega_n$ .

Аргумент динамической характеристики работника при воздействии гармонической вибрации получают непосредственно в результате измерения сдвига фаз между соответствующими сигналами:

– для входного импеданса:

$$\arg Z_{вх}(j\omega) = \varphi(\omega); \quad (3.98)$$

– для передаточного импеданса:

$$\arg Z_{пер}(j\omega) = \psi(\omega); \quad (3.99)$$

– для комплексной частотной характеристики:

$$\arg K(j\omega) = \gamma(\omega), \quad (3.100)$$

где  $\varphi(\omega)$  – сдвиг фаз между силой на входе и виброскоростью на входе;

$\psi(\omega)$  – сдвиг фаз между силой на входе и виброскоростью на выходе;

$\gamma(\omega)$  – сдвиг фаз между виброскоростью на входе и виброскоростью на выходе.

Модуль динамической характеристики работника при действии случайной стационарной вибрации рассчитывают по зависимостям:

– для входного импеданса:

$$|Z_{вх}(j\omega)| = \check{S}_{F1F1}(\omega)/\check{S}_{v1v1}(\omega); \quad (3.101)$$

– для передаточного импеданса:

$$|Z_{пер}(j\omega)| = \check{S}_{F1F1}(\omega)/\check{S}_{v2v2}(\omega); \quad (3.102)$$

– для комплексной частотной характеристики:

$$|K(j\omega)| = \check{S}_{v2v2}(\omega)/\check{S}_{v1v1}(\omega), \quad (3.103)$$

где  $\check{S}_{F1F1}(\omega)$  – оценка спектральной плотности силы на входе при частоте  $\omega$ , Н<sup>2</sup>/Гц;

$\check{S}_{v1v1}(\omega)$  – оценка спектральной плотности виброскорости на входе при частоте  $\omega$ , м<sup>2</sup>/(с<sup>2</sup> · Гц);

$\check{S}_{v2v2}(\omega)$  – оценка спектральной плотности виброскорости на выходе при частоте  $\omega$ ,  $m^2/(c^2 \cdot Гц)$ .

Аргумент динамической характеристики работника при воздействии случайной стационарной вибрации рассчитывают по зависимостям:

– для входного импеданса:

$$\arg Z_{вх}(j\omega) = \arctg \frac{\text{Im} \check{S}_{F1v1}(\omega)}{\text{Re} \check{S}_{F1v1}(\omega)}; \quad (3.104)$$

– для передаточного импеданса:

$$\arg Z_{пер}(j\omega) = \arctg \frac{\text{Im} \check{S}_{F1v2}(\omega)}{\text{Re} \check{S}_{F1v2}(\omega)}; \quad (3.105)$$

– для комплексной частотной  $m$ характеристики:

$$\arg K(j\omega) = \arctg \frac{\text{Im} \check{S}_{v1v2}(\omega)}{\text{Re} \check{S}_{v1v2}(\omega)}, \quad (3.106)$$

где  $\check{S}_{F1v1}(\omega)$  – оценка взаимной спектральной плотности силы и виброскорости на входе при частоте  $\omega$ ,  $(Н \cdot м)/(с \cdot Гц)$ ;

$\check{S}_{F1v2}(\omega)$  – оценка взаимной спектральной плотности силы на входе и виброскорости на выходе при частоте  $\omega$ ,  $(Н \cdot м)/(с \cdot Гц)$ ;

$\check{S}_{v1v2}(\omega)$  – оценка взаимной спектральной плотности виброскоростей на входе и выходе при частоте  $\omega$ ,  $m^2/(c^2 \cdot Гц)$ .

Значения динамических характеристик усредняют, вычисляя среднеарифметическое значение результатов. Значения динамических характеристик следует определять с доверительной вероятностью 0,9 и относительным доверительным интервалом  $\pm 0,4$ .

### 3.8. Производственное освещение и его нормализация

Около 90 % всей информации о внешнем мире поступает к нам в мозг через глаза. Хорошее производственное освещение не только улучшает условия зрительной работы, но и оказывает положительное психологическое воздействие, снижает утомляемость, способствует повышению безопасности труда. До 5 % травм связывают с недостаточным или нерациональным освещением. При оптимальном

освещении производительность труда возрастает на 15 %. Колебания освещенности, особенно если они часты и имеют большую амплитуду, каждый раз вызывают переадаптацию глаза и ведут к значительному утомлению. На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени. Наличие резких теней создает неравномерное распределение яркостей в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомление, снижается производительность труда. Особенно вредны движущиеся тени, способствующие увеличению травматизма.

Рациональная световая окраска потолка, стен и производственного оборудования способствует созданию равномерного распределения яркостей в поле зрения. Наибольшая видимость достигается при падении света на рабочую поверхность под углом  $60^\circ$  к ее нормали, а наименьшая – под углом  $0^\circ$ .

Правильную цветопередачу обеспечивают естественное освещение и искусственные источники света со спектральной характеристикой, близкой к солнечной.

В зависимости от спектрального состава свет может оказывать возбуждающее действие и усиливать чувство теплоты (оранжево-красный) или тормозные процессы (сине-фиолетовый), а также действовать успокаивающе (желто-зеленый). Уровень освещенности должен быть достаточным и соответствовать гигиеническим нормам, учитывающим условия зрительной работы.

К качественным показателям освещения относятся коэффициент пульсации освещенности, показатель ослепленности и равномерность распределения яркости в поле зрения.

Коэффициент пульсации освещенности ( $K_n$ ) – характеристика колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током. Коэффициент пульсации освещенности  $K$ , %, определяется по формуле:

$$K_n = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{cp}} \cdot 100 \%, \quad (3.107)$$

где  $E_{\max}$ ,  $E_{\min}$ ,  $E_{cp}$  – максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период ее колебания, лк.

Коэффициент пульсации освещенности при освещении помещения газоразрядными лампами, питаемыми переменным током частотой 50 Гц, не должен превышать значений, приведенных в таблице 3.4.

Таблица 3.4

Максимально допустимые значения коэффициента пульсации  $K_{п}$ , %

Система освещения	Разряд работы по нормам		
	I и II	III	IV–VIII
Система общего освещения	10	15	20
Система комбинированного освещения:			
а) общее;	20	20	20
б) местное	10	15	20

Показатель ослепленности  $p$  – характеристика слепящего действия, создаваемого осветительной установкой. Показатель ослепленности определяется по формуле:

$$p \approx \left( \frac{v_1}{v_2} - 1 \right) \cdot 1000,$$

где  $v_1$  и  $v_2$  – видимости объекта различения при наличии и экранировании блеских источников света в поле зрения.

Показатель ослепленности в производственных помещениях, как правило, не должен превышать 20 % для работ I и II разрядов и 40 % – III, IV и VIII разрядов.

Равномерность распределения яркости в поле зрения характеризуется отношением максимальной освещенности к минимальной. Частая адаптация глаз при работе в помещении с большой неравномерностью яркости сильно утомляет зрение.

Отношение максимальной освещенности к минимальной при проектировании общего освещения (независимо от системы освещения) не должно превышать при люминесцентных лампах – 1,5; при лампах накаливания – 2.

Качество освещения также зависит от цветности светового потока и его направленности. Спектральный состав светового потока должен подчеркивать различие рассматриваемого объекта и фона.

Расположение технологического оборудования должно выбираться из условий максимального освещения рабочих мест естественным светом.

Естественный (солнечный) свет по своему спектральному составу значительно отличается от света, излучаемого электрическими источниками света. В спектре солнечного света гораздо больше необходимых для человека ультрафиолетовых лучей.

Создаваемая в помещениях освещенность при естественном освещении зависит от времени дня, года, метеорологических факторов. Поэтому естественное освещение в отличие от искусственного нельзя задавать количественно величиной освещенности в люксах. В качестве нормируемой для естественного освещения принята относительная величина – коэффициент естественной освещенности (КЕО), который представляет собой выраженное в процентах отношение освещенности в данной точке внутри помещения  $E_v$  к одновременной наружной горизонтальной освещенности  $E_n$ , создаваемой рассеянным светом всего небосвода:

$$e = \frac{E_v}{E_n} \cdot 100\%. \quad (3.108)$$

Проникающий в помещение через верхние проемы естественный свет распределяется внутри помещений неравномерно. При расположении световых проемов с одной стороны помещения освещенность по мере удаления от проемов уменьшается, двухстороннее расположение оконных проемов улучшает освещенность. Применение комбинированного естественного освещения, т. е. через боковые окна и верхние проемы, обеспечивает более равномерное освещение внутри помещения.

При одностороннем боковом естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности, расположенной на высоте 0,8 м от пола.

При двухстороннем боковом освещении нормируется КЕО в точке посередине помещения – на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности.

При верхнем и комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО ( $e_{cp}$ ) в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен или перегородок:

$$e_{cp} = \frac{e_1/2 + e_2 + \dots + e_{n-1} + e_n/2}{n-1}. \quad (3.109)$$

Величина коэффициента естественной освещенности нормируется с учетом разряда зрительной работы и светового пояса. Беларусь относится к световому поясу с неустойчивым снежным покровом.

Разряд зрительной работы определяется наименьшими размерами объектов (элементов), различаемых глазом в процессе работы (линия на чертеже, риска прибора, нить проволоки и т. д.). Наименьшие размеры объектов различия и соответствующие им разряды зрительной работы устанавливаются при расположении объекта на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего. Если это расстояние больше, то разряд зрительной работы определяется по строительным нормам и правилам (СНБ 2.04.05-98).

В таблице 3.5 приведены нормированные значения КЕО с учетом разрядов зрительной работы.

Таблица 3.5

Разряды зрительной работы

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различия, мм	Разряд зрительной работы	Значение КЕО, %, при естественном освещении	
			верхнем и комбинированном освещении	боковом освещении
1	2	3	4	5
Выполняемая работа: – наивысшей точности – очень высокой точности – высокой точности – средней точности – малой точности – грубая	менее 0,15 0,15–0,3 0,3–0,5 0,5–1 1–5 более 5	I II III IV V VI	10 7 5 4 3 2	3,5 2,5 2 1,5 1 0,5
Работа с самосветящимися материалами и изделиями в горячих цехах	–	VII	3	1
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:				

1	2	3	4	5
– постоянное наблюдение;	–	VIII	1	0,3
– периодическое наблюдение за состоянием оборудования	–	VIII	0,7	0,2
Работа на механизированных и на немеханизированных складах		IX	0,5	0,1

При боковом естественном освещении суммарная площадь световых проемов может быть определена по эмпирической формуле:

$$F_0 = \frac{F_n e_n K_3 \eta_0 K_{зд}}{\tau r_1 \cdot 100}, \quad (3.110)$$

где  $F_n$  – площадь пола помещения,  $m^2$ ;  
 $e_n$  – нормированное значение КЕО;  
 $K_3$  – коэффициент запаса, выбирается по таблицам с учетом загрязненности и загазованности помещения;  
 $\eta_0$  – световая характеристика окон (принимается в зависимости от длины, глубины и др. показателей помещения);  
 $K_{зд}$  – коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями;  
 $\tau$  – общий коэффициент светопропускания;  
 $r_1$  – коэффициент, учитывающий отражение света.

Число окон определяется исходя из площади выбранного светового проема ( $F_1$ ):

$$n = F_0 / F_1. \quad (3.111)$$

При верхнем и комбинированном естественном освещении методика расчета площади остекления носит подобный характер.

### 3.9. Методология расчета искусственного освещения

Для общего освещения помещений основного производственного назначения применяют, как правило, газоразрядные лампы низ-

кого и высокого давления (в помещениях содержания животных, птиц и зверей – газоразрядные лампы низкого давления); применение ламп накаливания в таких помещениях допускается в случае невозможности использования газоразрядных ламп или для технико-экономической целесообразности. Для помещений подсобного назначения применяют лампы накаливания.

Вид системы общего или комбинированного освещения зависит от уровня нормируемой освещенности рабочих поверхностей:

– Систему общего освещения применяют при нормируемой освещенности рабочей поверхности менее 200 лк. Она может быть выполнена с равномерным или локализованным (неравномерным) размещением светильников.

– Систему комбинированного освещения применяют при освещенности рабочей поверхности 200 лк и более, при этом освещенность, создаваемую светильниками общего освещения в системе комбинированного, принимают равной 10 % нормируемой для комбинированного освещения, но не менее 150 лк и не более 500 лк при газоразрядных лампах и соответственно 50 лк и 100 лк при лампах накаливания. Применение одного местного освещения внутри здания не допускается.

СНБ 2.04.05-98 рекомендуют следующие виды освещения: рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное.

Рабочее освещение предусматривают для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Аварийное освещение (в помещениях и на местах производства наружных работ) предусматривают, если отключение рабочего освещения может вызвать:

- взрыв, пожар, отравление людей;
- длительное нарушение технологического процесса;
- нарушение работы объектов, в которых недопустимо прекращение работ;
- нарушение обслуживания больных в операционных блоках, кабинетах неотложной помощи, в приемных пунктах лечебных учреждений, в родильных отделениях больниц;
- нарушение режима работы детских учреждений.

Наименьшую освещенность рабочих поверхностей при аварийном освещении принимают равной 5 % освещенности, нормируемой для общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территорий предприятий. Освещенность

внутри зданий более 30 лк для газоразрядных ламп и более 10 лк для ламп накаливания применяют при наличии соответствующих обоснований.

Эвакуационное освещение в помещениях или местах производства работ вне зданий предусматривают:

- в местах, опасных для прохода людей;
- в проходах на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся более 50 человек;
- по основным проходам производственных помещений, в которых работает более 50 человек;
- на лестничных клетках жилых домов высотой более 5 этажей;
- в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где их выход из помещения при аварийном отключении рабочего освещения связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы производственного оборудования;
- в помещениях общественных зданий, а также вспомогательных зданий промышленных предприятий, если в помещении могут одновременно находиться более 100 человек.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк на открытых территориях.

Охранное освещение предусматривают вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время (при отсутствии специальных технических средств охраны). Освещенность при этом принимают равной 0,5 лк на уровне земли в горизонтальной плоскости или на уровне 0,5 м от земли на одной стороне вертикальной плоскости, перпендикулярной линии границы.

Расчет осветительных установок методом удельной мощности применяют для приближенного расчета в помещениях, к освещению которых не предъявляют особых требований и в которых отсутствуют существенные затенения рабочих поверхностей, например, во вспомогательных и складских помещениях, кладовых, коридорах и тп.

В основе расчета лежат формулы:

– точечные излучатели:

$$P_p = \frac{P_{ya} S \eta}{N_{\Sigma} n_c}; \quad (3.112)$$

– линейные излучатели:

$$N_{\Sigma} = \frac{P_{уд} S \eta}{P_{л} n_c}, \quad (3.113)$$

где  $P_p$  – расчетное значение мощности лампы, Вт;  
 $P_{уд}$  – расчетное значение удельной мощности, Вт/м<sup>2</sup>;  
 $S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;  
 $\eta$  – условный КПД светильника;  
 $N_{\Sigma}$  – суммарное количество светильников в помещении (округляют в сторону уменьшения), шт.;  
 $n_c$  – количество ламп в светильнике, шт.;  
 $P_{л}$  – мощность лампы в светильнике, Вт.

Расчетное значение удельной мощности:  
– лампы накаливания:

$$P_{уд} = P_{уд}^r K_1 K_2 K_3 E_n / 100, \quad (3.114)$$

– газоразрядные лампы:

$$P_{уд} = P_{уд}^r K_1 K_2 E_n / 100, \quad (3.115)$$

где  $P_{уд}^r$  – табличное значение удельной мощности, определяют по кривой силы света светильника, расчетной высоте подвеса и площади помещения (для удлиненных помещений, когда  $A > 2,5B$ , табличную удельную мощность находят для условной площади  $2B^2$ );

$K_1$  – коэффициент приведения коэффициента запаса к табличному значению;

$K_2$  – коэффициент приведения коэффициентов отражения поверхностей помещения к табличному значению;

$K_3$  – коэффициент приведения напряжения питания ламп накаливания к табличному значению (для пересчета с  $U_n = 127$  В на  $U_n = 220$  В принимают  $K_3 = 0,86$ );

$E_n$  – нормируемое значение освещенности помещения, лк (СНБ 2.04.05-98).

Расчет ведут в следующем порядке.

**Точечные излучатели.** По расчетной мощности  $P_p$  выбирают подходящую лампу, соблюдая условия:

$$0,9P_p \leq P_{л} \leq 1,2P_p, \quad (3.116)$$

$$P_{л} \leq P_{свет},$$

где  $P_{свет}$  – допустимая мощность лампы в светильнике, Вт.

**Линейные излучатели.** Число светильников в ряду:

$$N_1 = N_{\Sigma} / N_2,$$

где  $N_2$  – число рядов.

Число  $N_1$  округляют в сторону увеличения.

Определяют расстояние между светильниками в ряду:

$$l_p = \frac{A - 2l_A - N_1 l_c}{N_1 - 1}, \quad (3.117)$$

где  $A$  – длина помещения, вдоль которого установлены ряды светильников, м;

$l_A$  – расстояние от крайнего светильника в ряду до стены, м;

$l_c$  – длина светильника, м.

Проверяют расположение светильников в ряду:

$$0 \leq l_p \leq 1,5L'_в,$$

где  $L'_в$  – расстояние между рядами светильников, м.

Расчет осветительных установок методом коэффициента использования светового потока применяют при расчете общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей в помещениях, в которых отсутствуют крупные затеняющие предметы. Основная расчетная формула по этому методу:

$$\Phi_p = \frac{E_n K_3 S z}{n_c N_{\Sigma} \eta_c}, \quad (3.118)$$

где  $\Phi_p$  – расчетный световой поток лампы, лм;

$K_3$  – коэффициент запаса;

$z$  – коэффициент минимальной освещенности (отношение средней освещенности к минимальной);

$\eta_c$  – коэффициент использования светового потока, доли единицы.

Эту формулу используют для расчета освещения от светильников с лампами накаливания и ДРЛ (дуговыми ртутными люминесцентными), когда до расчета известно число светильников, но не известна мощность ламп. Световой поток  $\Phi_p$  сопоставляют со световым потоком выпускаемых промышленностью ламп  $\Phi_{л}$  и выби-



рают лампу. При этом световой поток лампы должен находиться в следующих пределах:

$$0,9\Phi_p \leq \Phi_{л} \leq 1,2\Phi_p. \quad (3.119)$$

Если невозможно выбрать лампу, соответствующую условию, то изменяют число светильников в помещении так, чтобы расстояние между ними мало отличалось от светотехнически наивыгоднейшего расстояния. Для большинства светильников это расстояние в 1,3–1,4 раза больше расчетной высоты подвеса светильника. Изменения ведут в сторону увеличения расстояния и уменьшения числа светильников  $N_{\Sigma}$ . При расчете освещения от светильников с люминесцентными лампами известными величинами являются мощность, число и световой поток ламп в светильнике, а также число рядов светильников. Неизвестные величины – число светильников в помещении и в одном ряду.

Общее число светильников в помещении:

$$N_{\Sigma} = \frac{E_n K_3 S z}{n_c \eta \Phi_{л}}. \quad (3.120)$$

Число светильников в ряду  $N_1$  округляют в большую сторону.

В вышеприведенных формулах не известны коэффициент использования светового потока  $\eta$  и коэффициент минимальной освещенности  $z$ . Коэффициент использования светового потока  $\eta$  зависит от многих факторов, характеризующих помещение, светильник и высоту его подвеса:

$$\eta = \eta_1 \eta_n + \eta_2 \eta_v, \quad (3.121)$$

где  $\eta_1$  – коэффициент использования светового потока, направленного в нижнюю полусферу;

$\eta_n$  и  $\eta_v$  – КПД реального светильника в нижнюю и верхнюю полусферы пространства;

$\eta_2$  – коэффициент использования светового потока, направленного в верхнюю полусферу.

Справочные таблицы для определения коэффициента использования светового потока содержат индекс помещения  $i$  и коэффициенты отражения потолка  $p_n$ , стен  $p_c$  и рабочей поверхности  $p_p$ .

Индекс помещения:

$$i = \frac{AB}{H_p (A + B)}, \quad (3.122)$$

где  $A$  и  $B$  – длина и ширина помещения, м.

В случае, когда расчетное значение  $i > 5$ , коэффициент использования светового потока приближенно определяют по справочным таблицам, приняв  $i = 5$ .

Коэффициенты отражения  $p_n, p_c, p_p$  определяют по таблице.

Коэффициент минимальной освещенности введен для того, чтобы обеспечить нормируемую освещенность в любой точке помещения. Для светильников с лампами накаливания и ДРИ (дугowymi ртутными с йодидами)  $z = 1,15$ , с люминесцентными лампами  $z = 1,1$ , для всех светильников отраженного света  $z = 1,0$ .

Расчет осветительных установок точечным методом применяют при расчете общего равномерного и локализованного освещения, местного освещения, освещения вертикальных и наклонных к горизонту плоскостей, наружного освещения. Последовательность расчета следующая. На плане помещения помечают контрольные точки – точки с минимальной освещенностью. Затем вычисляют значения условной освещенности в контрольных точках  $\sum e$ .

Для круглосимметричных точечных излучателей:

$$\sum e = \frac{I_{a1} \cos^3 \alpha_1}{H_{p1}^2} + \frac{I_{a2} \cos^3 \alpha_2}{H_{p2}^2} + \dots + \frac{I_{ai} \cos^3 \alpha_i}{H_{pi}^2}, \quad (3.123)$$

где  $I_{ai}$  – условная сила света  $i$ -го светильника в направлении контрольной точки в зависимости от угла  $\alpha_i$  между вертикальной осью симметрии и линией, соединяющей его световой центр с освещаемой точкой, кд;

$H_{pi}$  – расчетная высота подвеса  $i$ -го светильника, м.

Определяют расчетный световой поток источников света:

$$\Phi_p = \frac{1000 E_n K_3}{\eta_n \mu \sum e}, \quad (3.124)$$

где  $\mu = 1, 1-1, 2$  – коэффициент добавочной освещенности, который учитывает световой поток удаленных светильников и световой поток, отраженный на освещаемую поверхность.

По расчетному потоку подбирают лампу, световой поток которой  $\Phi_{л}$  должен находиться в пределах:

$$0,9\Phi_p \leq \Phi_{л} \leq 1,2\Phi_p.$$

Проверяют возможность установки лампы в светильник.

Освещение больших открытых пространств при невозможности или нежелательности установки опор выполняют прожекторами ПЗС, ПСМ, ПЗР, ПЗМ, ПКН, ПФР, ПФС и др.

Основными координатами, определяющими положение прожектора в пространстве, являются высота установки  $H_p$ , угол наклона  $\Theta$  его оптической оси к горизонту и угол между проекцией оптической оси и условным направлением начала отсчета (азимут).

Наименьшую высоту установки прожектора, согласно условию максимального ограничения слепящего действия, определяют по формуле:

$$H_p = \sqrt{\frac{I_{\max}}{M}}, \quad (3.125)$$

где  $I_{\max}$  – осевая сила света прожектора, кд;

$H_p$  – расчетная высота установки прожектора, м;

$M$  – число, зависящее от нормированной освещенности (табл. 3.6).

Таблица 3.6

К определению минимальной допустимой высоты установки прожектора

Нормируемая освещенность, лк	0,5	1	2	3	5	10	30	50
Число $M$ , кд/м <sup>2</sup>	100	150	250	300	400	700	2100	3500

При изменении угла наклона прожектора значительно изменяются освещенность, форма и площадь светового пятна. Угол наклона прожектора, при котором площадь светового пятна, ограниченная кривой заданной освещенности – изолюксой, имеет максимальное значение при наименьшей установленной мощности источника, называют наивыгоднейшим.

Освещенность зависит от количества световых пятен, накладываемых на рабочую поверхность. При однослойной компоновке освещенность изолюксы определяют по формуле:

$$e = E_n K_3 / 2, \quad (3.126)$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса, равный 1,5.

В случае, когда на рабочую поверхность направляют два или несколько световых пятен прожекторов, условная освещенность изолюксы:

$$e = \frac{E_n K_3}{2n + 1}, \quad (3.127)$$

где  $n$  – число наложенных друг на друга световых пятен.

Иногда, для предварительного приближенного определения мощности прожекторной установки, расчет ведут по методу удельной мощности. Удельную мощность прожекторного освещения  $P_{уд}$ , Вт/м<sup>2</sup>, определяют по формуле:

$$P_{уд} = m E_n K_3, \quad (3.128)$$

где  $m$  – коэффициент, определяемый по табл. 3.7 в зависимости от нормированной освещенности, типа прожектора и источника света.

Таблица 3.7

Ориентировочные значения коэффициента  $m$

Тип лампы	Тип прожектора	Ширина освещаемой площадки, м	Нормируемая освещенность, лк	
			0,5–1,5	2,0–30,0
Лампа накаливания	ПЗС, ПСМ	75–150	0,90	0,30
Лампа накаливания галогенная	ПКН	175–300	0,50	0,25
		75–125	0,35	0,20
		150–350	0,20	0,15
ДРЛ	ПЗС, ПЗМ	75–250	0,25	0,13
		275–350	0,30	0,15
ДРИ	ПЗС, ПСМ	75–150	0,30	0,10
		175–350	0,16	0,06

Необходимое число прожекторов:

$$N = P_{уд} S_n / P_{л}, \quad (3.129)$$

где  $P_{л}$  – мощность лампы в прожекторе, Вт;

$S$  – площадь освещаемой поверхности, м<sup>2</sup>;

$n$  – число слоев компоновки изолюксы.

При освещении открытых узких полос (улиц, проходов, дорог и др.) применяют светильники наружного освещения с лампами накаливания и газоразрядными лампами низкого и высокого давления.

### 3.10. Средства индивидуальной защиты работников

В соответствии с ГОСТ 12.0.002-2003 ССБТ «Термины и определения» средства защиты работающих – это средства, применение которых предотвращает или уменьшает воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов. Средства защиты подразделяются на коллективные, обеспечивающие защиту всех работающих на участке, и индивидуальные, используемые лично самим работающим.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) работающих классифицированы по назначению:

- средства защиты органов дыхания: противогазы, респираторы, пневмошлемы, пневмомаски;
- специальная одежда: комбинезоны, полукombineзоны, куртки, брюки, костюмы, халаты, плащи, полусубки, тулупы, фартуки, жилеты, нарукавники;
- специальная обувь: сапоги, ботфорты, полусапоги, ботинки, полуботинки, туфли, галоши, боты, бахилы;
- средства защиты головы: каски, шлемы, подшлемники, шапки, береты, шляпы;
- средства защиты рук: рукавицы, перчатки;
- средства защиты лица: защитные маски, защитные щитки;
- средства защиты органов слуха: противoshумные шлемы, противoshумные наушники, противoshумные вкладыши;
- средства защиты глаз: защитные очки;
- предохранительные приспособления: предохранительные пояса, диэлектрические коврики, реечные захваты, манипуляторы, наколенники, налокотники, наплечники;
- защитные дерматологические средства: моющие средства, пасты, кремы, мази;
- другие специализированные СИЗ.

Средства индивидуальной защиты должны применяться в тех случаях, когда безопасность работ не может быть обеспечена конструкцией и размещением оборудования, организацией производственных процессов, архитектурно-планировочными решениями и средствами коллективной защиты.

**Спецодежда.** Спецодежда используется для защиты тела рабочего от неблагоприятных факторов производственной среды и должна отвечать следующим требованиям: защищать от производственных вредностей, обеспечивать нормальную терморегуляцию

организма, хорошо очищаться от загрязнений и др. Спецодежда должна сохранять такие гигиенические свойства как гигроскопичность, воздухопроницаемость и т. д. Если в одном виде одежды нельзя совместить все эти свойства, тогда обязательным является обеспечение защитных свойств, а отсутствие или недостаточность гигиенических свойств компенсируется покроем. Для изготовления одежды применяют ткани из натуральных волокон (хлопчатобумажные, шерстяные, льняные), искусственных и синтетических волокон; используют специальные пропитки, покрытия или другие виды обработки тканей.

Для защиты от конвекционной теплоты используются халаты, брюки, куртки из хлопчатобумажных, льняных тканей. Для защиты от лучистой теплоты можно применять шинельное сукно, асбестовые ткани, но наиболее целесообразно использовать спецодежду из так называемых отражательных тканей, поверхность которых покрыта тончайшим зеркальным слоем металла (алюминия), наносимого методом распыления в вакууме. Для защиты от концентрированных кислот можно применять грубошерстное серо-шинельное сукно, но наиболее целесообразно использовать облегченное сукно из смеси грубой шерсти и синтетических волокон, полиэтилен, тефлон.

Для защиты от разбавленных кислот и щелочей применяют спецодежду из хлопчатобумажных тканей с кислотоотталкивающей пропиткой.

Для защиты от влаги используется одежда с применением тканей с водонепроницаемыми пропитками (парафиновые эмульсии, битумы, смолы и др.).

Для предохранения от пыли применяется спецодежда из ткани атласного переплетения типа «Молескин» – комбинезоны с завязками на руках, шиколотках.

Для предохранения от радиоактивной пыли применяют костюмы из полиэтилена со шлемами, герметичные с подачей воздуха под давлением.

Спецодежда массового производства по условиям применения включает 11 групп.

**Средства защиты органов дыхания.** Средства защиты органов дыхания можно разделить на фильтрующие и изолирующие приборы. Фильтрующие приборы, используемые при содержании кислорода в воздухе 16–21 %, включают в себя противопылевые респираторы и противогазы.

Респираторы используются для защиты от пыли, дыма и классифицируются на клапанные, в которых в качестве фильтрующих материалов применяют хлопковую вату, древесную целлюлозу, ацетатное волокно, и бесклапанные, из которых наиболее широко применяется респиратор ШБ-1 («Лепесток»). Респиратор-маска ШБ-1 «Лепесток-200» предназначен для защиты от мелкодисперсных аэрозолей при их концентрациях до 200 ПДК. Респиратор-маска ШБ-1 «Лепесток-40» предназначен для защиты от пыли при концентрации ее до 40 ПДК. Для защиты от токсичных или радиоактивных аэрозолей респираторы «Лепесток» могут использоваться в течение не более одной смены. Респиратор-маска ШБ-1 «Лепесток-5» предназначен для защиты от грубодисперсных пылей при их концентрации до 5 ПДК.

Указанные респираторы бесклапанные, поэтому применять их при отрицательных температурах, а также при наличии осадков (дождя или мокрого снега) не рекомендуется, так как, намокая, респиратор резко увеличивает сопротивление дыханию и может обмерзнуть. При температуре выше +28 °С применять респиратор не рекомендуется в связи с возможностью намокания от пота.

Противопылевой респиратор У-2к также относится к фильтрам-маскам, но имеет клапаны вдоха и выдоха. Он изготавливается трех размеров: 1, 2, 3. Однако конструкция полумаски, имеющей плечный обтюратор, неудачна и не обеспечивает надлежащей обтюрации. Пыль, попадая на пленку по линии обтюрации, вызывает раздражение кожи лица. При высокой запыленности подсос в подмасочное пространство превышает ПДК, а сопротивление фильтра очень быстро нарастает. Все эти недостатки ограничивают применение респиратора У-2к в условиях запыленности воздуха, превышающей 25 мг/м<sup>3</sup>. Так же, как и предыдущие марки, респиратор У-2к не имеет сменных фильтров и может быть использован в зависимости от запыленности лишь в течение нескольких дней. Для защиты от токсичных или радиоактивных пылей респиратор У-2к непригоден.

Противопылевой респиратор РП-К относится также к фильтрам-маскам с клапаном выдоха. Отличается он от У-2к наличием полумаски оригинальной конструкции из эластичной резины с надежным обтюратором. Фильтры этого респиратора сменные: внутренний из материала ФПП-1,5, а наружный – поролоновый.

Последний может быть неоднократно регенерирован путем промывки в воде с последующей сушкой. Это позволяет использовать респиратор до 3 лет. Корпус полумаски выпускается двух размеров: 1 и 2. Часть респираторов марки РП-КМ выпускается с трикотажным обтюратором. Респираторы РП-К и РП-КМ предназначены для защиты от крупной и мелкодисперсной пыли при ее концентрации до 100 мг/м<sup>3</sup>.

Респиратор «Астра-2» представляет собой резиновую полумаску с двумя съёмными пластмассовыми патронами, снаряженными гофрированными фильтрами. Он может применяться для защиты от пыли любой степени дисперсности при концентрации до 200 ПДК. Полумаска выпускается двух размеров: 1 и 2.

Респиратор Ф-62ш, так же, как и «Астра-2», патронный. Он представляет собой резиновую полумаску с одним пластмассовым патроном, снаряженным гофрированным двухслойным фильтром, что несколько увеличивает его начальное сопротивление. Полумаска выпускается трех размеров: 1, 2, 3. Надежность обтюрации, т. е. плотное прилегание краев полумаски к лицу, подгоняется примеркой и соответствующей регулировкой тесемок.

Время защитного действия всех фильтров противопылевых респираторов определяется временем нарастания сопротивления входу. Согласно ГОСТ «ССБТ. Респираторы фильтрующие. Общие требования» предельное сопротивление входу устанавливается не больше 10 мм водяного столба (100 Па). При прочих равных условиях время защитного действия противопылевых респираторов зависит от концентрации пыли в воздухе рабочей зоны. При высокой запыленности воздуха рабочей зоны (400 мг/м<sup>3</sup> и выше) время защитного действия резко снижается. Противоаэрозольные (противопылевые) респираторы от вредных паров и газов не защищают.

Противогазовые и универсальные респираторы предназначены для защиты от вредных паров и газов, присутствующих в воздухе в количествах, не превышающих 10–15 ПДК. Фильтрующие элементы универсальных респираторов снабжены противоаэрозольными фильтрами.

Универсальный респиратор РУ-60м и противогазовый респиратор РПГ-67 комплектуются фильтрующими патронами четырех марок (А, В, Г и КД, табл. 3.8).

Таблица 3.8

Назначение марок патронов к респиратору РУ-60м

Наименование патрона (марка)	Вещества, для защиты от которых предназначен патрон
А	Органические вещества: углеводороды (бензол, бензин, уайт-спирит и др.), спирты, эфиры, альдегиды и кетоны элементоорганические и другие соединения и аэрозоли
В	Кислые газы (сернистый газ, сероводород, галогеноводороды и др.) и аэрозоли
КД	Аммиак, сероводород, их смеси и аэрозоли
Г	Пары ртути, ртутьорганические соединения и аэрозоли

Респиратор РУ-60м применяется для защиты органов дыхания от паров, газов, пыли, дыма, тумана, одновременно присутствующих в воздухе рабочей зоны. Он представляет собой резиновую полумаску с двумя фильтрующими патронами со специальными поглотителями и аэрозольными фильтрами.

Респиратор РПГ-67 отличается от респиратора РУ-60м тем, что его патроны не имеют противоаэрозольного фильтра, поэтому он не защищает от аэрозолей. Патроны этих респираторов унифицированы по месту их соединения с полумаской и являются взаимозаменяемыми. При наличии большого содержания пыли при малой концентрации газов используют респиратор РУ-71 с патроном со съемным аэрозольным фильтром, который в случае необходимости заменяется запасным. Практика показывает, что респираторы РУ-70 и РУ-71 являются надежным средством защиты органов дыхания при концентрациях паров вредных веществ, не превышающих 10–15 ПДК. При более высоких концентрациях эти респираторы малоэффективны.

Для защиты от кислых газов, паров и пыли разработаны универсальные респираторы («Снежок-КУ» и др.) на принципиально новой основе. В них в качестве сорбента вместо поглотителей зерновой структуры используются ионообменные волокнистые материалы (ИВМ). Эти легкие респираторы по своим гигиеническим и эксплуатационным свойствам приближаются к противопылевым респираторам модели ШБ-1 «Лепесток», а по защитным свойствам не уступают респираторам РУ-60м (В). Преимуществом этих респираторов является возможность их несложной регенерации, что позволяет использовать фильтры неоднократно.

Промышленные противогазы применяются при содержании в воздухе вредных паров и газов выше 10–15 ПДК. Их применение ограничено содержанием вредных газов (не более 0,5 %), а также недостатком в воздухе кислорода (менее 18 %). Промышленные противогазы выпускаются с лицевой частью в виде резиновой шлем-маски, которая изолирует не только органы дыхания, но и глаза и лицо, обеспечивая их защиту от воздействия находящихся в воздухе вредных веществ.

Фильтрующие коробки промышленных противогазов выпускаются двух видов: большого и малого габарита.

Цилиндрические коробки большого габарита в зависимости от назначения могут быть с аэрозольным фильтром и без фильтра. Коробки выпускаются следующих марок: А, В, Г, КД, Е, БКФ, СО, М. Первые 5 марок коробок без фильтра могут выпускаться с уменьшенным сопротивлением. В таком случае марки этих коробок снабжены индексом 8: А<sub>8</sub>, В<sub>8</sub>, Г<sub>8</sub>, КД<sub>8</sub>, Е<sub>8</sub>.

Коробки малого габарита из пластмассы также выпускаются с аэрозольным фильтром и без фильтра и имеют марки А, В, Г, КД, С. Коробка малого габарита марки С без аэрозольного фильтра имеет зеленую окраску и предназначена для защиты от сернистого газа и оксидов азота; коробка с аэрозольным фильтром вместо вертикальной белой полосы имеет донышко из белой пластмассы. Последняя предназначена для защиты от соответствующих газов, пыли, дыма и тумана.

Кроме фильтрующих устройств применяются изолирующие приборы – кислородные и шланговые – при содержании кислорода в воздухе менее 16 %, а также когда высокая концентрация газов и паров в воздухе создает опасность пропускания их фильтрующими приборами. Кислородные приборы применяются двух типов: с использованием кислорода из баллонов или получаемого при химических реакциях. Шланговые приборы подразделяются на самовысасывающие и с принудительной подачей воздуха. При работе с самовысасывающими приборами длина шланга не должна быть больше 8–10 м. При использовании приборов с принудительной подачей воздуха в шланг под давлением исключается подсос воздуха, содержащего токсические продукты.

Шланговые изолирующие дыхательные аппараты ПШ-1, ПШ-2, РМП-62, ЛИЗ-4, ЛИЗ-5, ППМ-Астра-2 применяются для защиты органов дыхания в помещениях с воздухом любой степени загряз-

ненности. Принцип их действия основан на подаче по шлангу под лицевую часть (шлем, шлем-маска, маска или полумаска) чистого или компрессорного воздуха, который должен быть предварительно очищен.

В качестве шланговых аппаратов используются так называемые пневмошлемы МИОТ-49, шлемы ТБИОТ и пр. В последнее время апробированы и внедряются в практику защиты органов дыхания комбинированные фильтрующе-шланговые аппараты с принудительной фильтрацией воздуха.

**Средства защиты органов слуха.** В качестве индивидуальных средств защиты применяются противошумы. Они разделяются по назначению и конструктивному исполнению на три типа: наушники, закрывающие ушную раковину; вкладыши, перекрывающие наружный слуховой канал; шлемы, закрывающие часть головы и ушную раковину.

Наиболее простыми являются вкладыши из различных шумопоглощающих материалов (стекловата, пластмасса, стерильная вата). Получили распространение вкладыши из материала ФП – «Беруши». Широко используются противошумные наушники, а при высоких уровнях шума (115 дБ и более) – противошумные шлемы с подшлемниками и глушителями.

Для защиты от высокочастотного шума с уровнем до 110–120 дБ выпускаются наушники.

**Средства защиты глаз и лица.** К средствам индивидуальной защиты глаз и лица относятся очки открытого и закрытого типов, козырьковые очки, ручные и наголовные щитки, шлемы, защищающие глаза и органы дыхания.

При выборе очков и других средств защиты глаз следует исходить из особенностей производственного процесса.

При механической обработке материалов применяют очки закрытого типа с безосколочными стеклами. При разливе агрессивных жидкостей рекомендуются очки закрытого типа, маски с экраном или светофильтром. Отраженный свет излучения требует применения очков закрытого типа или масок с защитным экраном и светофильтрами. Для защиты глаз от лучистой энергии применяют очки со светофильтрами.

Для защиты глаз, лица и шеи от механических повреждений и от излучения необходимо применять специальные щитки и маски. Для защиты электросварщиков выпускаются щиток-маска, щиток наголовный или маска защитная с прозрачным экраном.

**Средства защиты головы.** Защита головы от механических повреждений осуществляется с помощью различного рода касок, способных противостоять механическому воздействию и амортизировать силу удара (при строительных, монтажных работах, при аварийных, спасательных и других работах).

В качестве материалов для касок применяют фибру, латунь, дюралюминий, высокопрочные пластмассы и др. Большое значение имеют конструкция и качество внутреннего оснащения каски-наголовника, амортизатора, утепляющего подшлемника. Каска может быть оснащена другими средствами индивидуальной защиты (щиток, маска, респираторы).

Для электросварщиков и монтажников-ремонтников, работающих внутри металлических конструкций, каска служит средством защиты головы не только от механических травм и воздействия жидкостей, но и от поражения электрическим током. При этом на таких касках имеется устройство для фиксации и крепления аккумуляторного светильника, так называемый ламподержатель. Каска может быть совмещена с другими средствами индивидуальной защиты (щиток, маска, противошумные наушники, респираторы).

В настоящее время используют следующие каски: каска походческая текстолитовая, каска строительная, каска защитная «Труд» и др.

Для защиты от перегревов и ожогов используется шляпа из грубошерстного сукна, войлока или фетра.

Для защиты от воды применяются шляпы из тканей с пленочным покрытием из каучука или других стойких высокополимерных материалов.

**Средства защиты ног.** Специальная обувь обеспечивает защиту ног от механических повреждений, высоких температур, лучистой энергии, искр и брызг расплавленного металла, агрессивных веществ (кислот, щелочей и др.), метеорологических факторов.

В качестве основных материалов для изготовления спецобуви применяют кожу, кожзаменители, резину, пропитанную и шпредированную ткань и др.

Кожаная обувь выпускается следующих размеров: мужская с 38-го по 46-й, женская с 34-го по 42-й, подростковая с 35-го по 37-й. Резиновая обувь имеет в основном те же размеры, что и кожаная, и поэтому ее нумерация соответствует последней. Резиновые сапоги и полусапоги выпускаются с 35-го по 46-й размер. Мужские боты имеют размеры с 10-го по 15-й, бахилы – с 1-го по 3-й, галоши

мужские – с 7-го по 14-й, женские – с 1-го по 10-й. Резиновая обувь (боты, галоши), надеваемая поверх обычной обуви, имеет условную нумерацию.

Дезинфекция спецобуви производится путем протирания ее внутренней поверхности 10 %-ным раствором формальдегида с добавлением 5 %-ного монохлорамина, затем ее необходимо завернуть в клеенку, полиэтиленовый мешок (пленку) или бумагу на 1–2 ч и после этого проветрить в течение 6–12 ч. Лучшим способом дезинфекции обуви является обработка ее в парогазовой камере.

**Средства защиты рук.** Защита рук работающих от действия вредных факторов в условиях производства осуществляется с помощью защитных рукавиц, перчаток, напальчников и дерматологических средств.

Для защиты от концентрированных кислот, щелочей и других агрессивных веществ применяются хлопчатобумажные рукавицы со сплошным покрытием из каучука в смеси с сополимерами винилиденхлорида и хлористого винила. Для защиты рук от кислот используют также рукавицы из серошинельного сукна, перчатки из каучука и др. Для защиты рук от механических повреждений используют рукавицы с наладонниками из прочной ткани. Для защиты от нефтепродуктов и растворителей применяют резиновые перчатки из бензомаслостойкого нитрильного каучука.

В настоящее время выпускаются рукавицы шести типов: А, Б, В, Г, Д, Е.

Защищают кожу от вредного действия химических веществ путем применения профилактических паст, мазей и специальных моющих и очищающих средств. По своему назначению и физико-химическим свойствам защитные мази и пасты делятся на две группы: гидрофильные и гидрофобные.

Гидрофильные мази и пасты предназначаются для защиты от жиров, масел, нефтепродуктов, растворителей, лаков, смол, клеев и других органических веществ. Некоторые гидрофильные мази носят название «невидимые» или «биологические перчатки». В качестве пленкообразующей основы для изготовления гидрофильных паст применяют мыло, крахмал, казеин, эфиры, целлюлозы, пчелиный воск, глицерин и другие вещества. Все гидрофильные пасты легко смываются водой, и поэтому для защиты от веществ, содержащих воду, они не рекомендуются.

Гидрофобные защитные пасты и мази предназначены для защиты кожи от вредного воздействия водных растворов агрессивных

и раздражающих веществ. Эта группа мазей содержит водоотталкивающие вещества, нерастворимые в воде и плохо смачиваемые водой, такие как жиры, невысыхающие масла, нерастворимые мыла, минеральные масла. Кроме указанных паст для защиты кожи от воздействия воды, растворов солей, разбавленных кислот и щелочей широко применяют силиконовый крем.

Существуют пасты специального назначения, защищающие от воздействия солнечной радиации. Помимо основы они обычно содержат вещества, способные поглощать часть спектра солнечной (ультрафиолетовой) радиации (таннин, солон, эфиры салициловой и стеариновой кислот, различные пигменты, красители).

Для удаления производственных загрязнений с рук используют очистители кожи. Моющие средства в своем составе содержат мыло, щелочи, соли, иногда механические очистители (песок, глина и др.), растворители. Также имеются синтетические моющие средства, которые по своим моющим качествам значительно превосходят мыло.

## ЛИТЕРАТУРА

---

1. ГОСТ 12.2.002-91 ССБТ. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки.
2. ГОСТ 12.2.019-86 ССБТ. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.2.042-91 ССБТ. Машины и техническое оборудование для животноводства и кормопроизводства. Общие требования безопасности.
4. ГОСТ 12.4.094-88 ССБТ. Вибрация. Динамические характеристики тела человека при воздействии вибрации.
5. ГОСТ 30331.3-95. Электроустановки зданий. Защита от поражения электрическим током.
6. ГОСТ Р 51901.4-2005 (МЭК 62198:2001). Менеджмент риска. Руководство по применению при проектировании.
7. Закон Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2001 г. – № 8, 2/138.
8. Закон Республики Беларусь от 23 июня 2008 г. «Об охране труда» № 356-3 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2008. – № 158.
9. Межотраслевые общие правила по охране труда : утв. Пост. Минтруда и соцзащиты РБ от 03.06.2003 г. № 70. – Минск : ЦОТЖ, 2005. – 126 с.
10. РД ВУ 008.609.90-099-2005. Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током. Выравнивание электрических потенциалов. Общие технические требования. – Минск : Институт энергетики АПК НАНБ, 2005. – 38 с.
11. СанПиН 2009. Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ.
12. СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
13. СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-33-2002. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
14. СанПиН 9-80 РБ 98. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
15. СНБ 2.04.05-98. Естественное и искусственное освещение.
16. СТБ 18001-2005. Системы управления охраной труда. Общие требования.
17. СТБ 18002-2005. Системы управления охраной труда. Руководство по применению СТБ 18001-2005.
18. ТКП 45-2.04-154-2009. Защита от шума. Строительные нормы проектирования.
19. Трудовой кодекс Республики Беларусь. – 2-е изд., с изм. и доп. – Минск : Амалфея, 2009. – 288 с.
20. Асаенок, А. И. Профессиональные риски : методика анализа и управления / А. И. Асаенок, Е. Е. Кученева, А. Ф. Минаковский. – Минск : Бестпринт, 2009. – 181 с.
21. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – Москва : Наука, 1981. – 720 с.
22. Грибоедова, И. А. Об оценке стоимости человеческой жизни / И. А. Грибоедова // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – № 9 (89).
23. Зайнишев, А. В. Использование результатов аттестации рабочих мест при моделировании системы «человек – машина – среда» // Материалы XLVIII междунар. научн.-техн. конф. «Достижение науки – агропромышленному производству». – Ч. 3. – Челябинск : ЧГАУ, 2009.
24. Кирникова, И. М. Расчет снижения концентрации загрязнений воздуха в помещениях / И. М. Кирникова // Техника в сельском хозяйстве. – 2003. – № 1.
25. Макаров, С. И. Использование этологических основ для снижения травматизма работников животноводства / С. И. Макаров, Ю. Н. Баранов, С. С. Шпанко // «Международный сельскохозяйственный журнал». – 2007. – № 5.
26. Парахин, Ю. А. Заболеваемость обслуживающего персонала при работе на животноводческих комплексах и фермах / Ю. А. Парахин, А. Н. Загородних, Ю. Н. Баранов // Вестник охраны труда. – 2007. – № 3.
27. Тимохин, О. В. Теоретические исследования по установлению опасностей для работников животноводства / О. В. Тимохин, Б. М. Тюриков, В. А. Малыхин // Вестник охраны труда. – 2006. – № 1.



28. Федорчук, А. И. Исследование эффективности мер защиты от поражения электрическим током на животноводческих фермах / А. И. Федорчук, Е. В. Мельник // Агропанорама. – 2004. – № 2.

29. Федорчук, А. И. К вопросу повышения безопасности работы грузоподъемных механизмов / А. И. Федорчук, О. Е. Лишик // Агропанорама. – 2003. – № 6.

30. Федорчук, А. И. Теоретические основы охраны труда в сельском хозяйстве. – Минск, 2004. – 270 с.

31. Юсупов, Р. Х. Моделирование производственного травматизма / Р. Х. Юсупов, А. В. Зайнишев, Ю. Г. Горшков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – № 2. – С. 27–28.

32. Юсупов, Р. Х. Производственная среда предприятия АПК как информационная динамическая система при анализе и прогнозировании травматизма и профессионально-обусловленной заболеваемости / Р. Х. Юсупов, А. В. Зайнишев, Ю. Г. Горшков. – Москва : РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2009. – 219 с.

33. Air Force Systems Command Design Handbook, DA 1-6, 4950 / TZN. –Ohio : Wright-Paterson Air Force Base, 1992.

34. BLS Report 406, U. S. Department of Labor. – Washington, D. C., 1992.

35. Ktirsey, D. Please Understand Me : Character and Temperament Types // Gnosology Books Ltd. – 1984.

36. Niebel, B. W. Motion and Time Study, Richard. Trwin, Inc, Homewood, Ill, 1992.

37. Rubinsky, S. Process Simulators for Accidental Research // ASSE journal. – 1991.

38. Tiger, B. Weapons Systems Safety Assurance // ASSE journal. – 1989.

*Для заметок*

Научное издание

**Федорчук Александр Иванович, Андруш Виталий Григорьевич**

**СНИЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА  
И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В АПК**

Ответственный за выпуск *В. Г. Андруш*  
Редактор *А. И. Третьякова*  
Компьютерная верстка *А. И. Третьяковой*

Подписано в печать 5.09.2012 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 14,18. Уч.-изд. л. 11,09. Тираж 100 экз. Заказ 602.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.  
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.  
Пр. Независимости, 99-2, 220023, Минск.