

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

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

Минск
БГАТУ
2023

УДК 614.8(07)
ББК 87.52я7
М65

Рецензенты:
кафедра безопасности жизнедеятельности
УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»
(доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заведующий кафедрой *В. Н. Босак*);
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры безопасности жизнедеятельности
УО «Белорусский государственный
технологический университет» *А. К. Гармаза*

Мисун, Л. В.
М65 Техносферная безопасность : пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун,
Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2023. – 212 с.
ISBN 978-985-25-0208-5.

Рассмотрены вопросы существования, функционирования и развития техносферы и возможности возникновения на ее объектах различного рода техногенных ситуаций, являющихся источниками опасных и вредных факторов для окружающей среды.

Для магистрантов, обучающихся по специальности «Охрана труда и эргономика». Может быть использовано преподавателями учреждений высшего образования и дополнительного образования взрослых. Будет интересно широкому кругу читателей.

УДК 614.8(07)
ББК 87.52я7

ISBN 978-985-25-0208-5

© БГАТУ, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ТЕХНОСФЕРА КАК ЗОНА ДЕЙСТВИЯ ОПАСНОСТЕЙ ПОВЫШЕННЫХ УРОВНЕЙ	6
2. ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	13
2.1. Анализ воздействия сельскохозяйственного производства на окружающую среду	13
2.2. Воздействие на окружающую среду эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники и автотранспортных средств.....	16
2.3. Техносферные последствия загрязнения природных вод объектами агропромышленного комплекса	31
3. МЕТОДИКИ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	39
3.1. Методы оценки риска повреждения здоровья работающих.....	39
3.2. Методика оценки вероятности возникновения опасной производственной ситуации	45
3.3. Методика определения функционального состояния компонент системы «человек–машина» на техносферную безопасность сельскохозяйственного производства	58
3.4. Методика определения приспособленности технических средств для выполнения технологических процессов в условиях изменения состояния параметра производственной среды	65
3.5. Метод управления техносферной безопасностью с учетом приспособленности технического средства к безопасному выполнению технологического процесса.....	74
3.6. Методика обращения с отходами сельскохозяйственного производства.....	77
3.7. Методика оценки устойчивости функционирования молниезащиты здания и сооружения.....	81
4. НОРМИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	92
5. ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ПРОЦЕССЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ.....	99
5.1. Классификация и размещение отходов производства и потребления	99

5.2. Отходы сельскохозяйственного производства	109
5.3. Отходы потребления	111
6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	119
6.1. Воздействие энергетических установок на окружающую среду	119
6.2. Радиационно-экологические последствия для сельскохозяйственного производства после аварии на ЧАЭС	125
7. ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР КАК СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	129
7.1. Влияние человеческого фактора на производственный травматизм	129
7.2. Оценка способности оператора технического средства оперативно осуществлять управленческие воздействия при устранении его отказов	142
8. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	146
8.1. Технические решения для повышения безопасности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники и улучшения условий труда	146
8.2. Технические устройства для исключения травмоопасной ситуации при загрузке, выгрузке и транспортировке растительной массы и сыпучих материалов, для повышения обзорности управления техническим средством	172
8.3. Технические решения для повышения производственной и пожарной безопасности мобильной сельскохозяйственной техники при работе на склонах, внесении пестицидов, техническом обслуживании и ремонте	177
8.4. Организационные мероприятия по очистке сточных вод и защите окружающей среды от вентиляционных выбросов автотранспортных предприятий для обезвреживания и использования отходов животноводческой отрасли сельскохозяйственного производства	185
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	204
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	209

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе социально-экономического и индустриального развития общества вопросы техносферной безопасности приобрели особую актуальность. Создание человеком в процессе развития индустриальной цивилизации комфортной искусственной среды обитания привели к загрязнению окружающей среды, возрастанию риска аварий и катастроф технических систем, природных катаклизмов. Именно поэтому образование населения в области техносферной безопасности как сферы стратегического развития Республики Беларусь становится все более важным. Цель учебной дисциплины «Техносферная безопасность» – формирование культуры безопасности жизнедеятельности будущих специалистов, основанной на системе социальных норм, ценностей и установок, обеспечивающих сохранение их жизни, здоровья и работоспособности в условиях постоянного взаимодействия со средой обитания.

Во второй половине XX в. во многих странах произошли значительные изменения в развитии производства, энергетики и транспорта, завершившиеся возникновением нового вида среды обитания человека – техносферы, региона биосферы в прошлом, преобразованного людьми с помощью прямого или косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия своим материальным и социально-экономическим потребностям.

Активная техногенная деятельность человека привела к разрушению биосферы во многих регионах планеты. Многие результаты такой деятельности имеют отрицательное воздействие на природную среду – загрязнение воздушного и водного бассейнов, почвы. Подход к решению данной проблемы состоит в том, чтобы определить пределы устойчивости биосферы, равновесия природных систем, выявить основные аспекты воздействия хозяйственной деятельности человека на естественные процессы в биосфере и предотвратить их негативное влияние.

1. ТЕХНОСФЕРА КАК ЗОНА ДЕЙСТВИЯ ОПАСНОСТЕЙ ПОВЫШЕННЫХ УРОВНЕЙ

В результате длительной эволюции пределы биосферы ограничены абиотическими факторами существования живых организмов:

- диапазон температур: от -250 до $+160$ °С;
- диапазон давлений: от 10^{-3} до $3 \cdot 10^3$ атм;
- нижняя граница в воде: примерно на глубине 10 км;
- нижняя граница в литосфере: на глубине до 2 км;
- верхняя граница в атмосфере: до озонового слоя.

Для обеспечения одного человека необходимыми предметами жизнедеятельности используется ежегодно 20 т природных ресурсов Земли, из них 98 % превращаются в отходы, которые рассеиваются в биосфере, загрязняя ее и нарушая эволюционно сложившиеся биогеохимические циклы.

В настоящее время общая мощность источников антропогенного загрязнения во многих случаях превосходит мощность естественных. Так, природные источники окиси азота выбрасывают 30 млн т азота в год, а антропогенные – 35–50 млн т; двуокиси серы, соответственно, около 30 млн т и более 150 млн т. Свинца попадает в биосферу почти в 10 раз больше, чем в процессе природных загрязнений.

В экологическом аспекте особенно важно определить пути распространения выбросов и отходов агропроизводства в экологической системе, выявить их долю в общем круговороте веществ, оценить качественные и количественные изменения, происходящие в природных объектах, провести экспертную оценку воздействия различных технологий на окружающую среду и выбрать из них оптимальные. Границы техногенной системы определяются зоной влияния агропредприятий на окружающую среду.

Особенно опасны выбросы агропредприятий, содержащие:

- двуокись серы и продукты ее превращений;
- окислы азота и продукты их превращений, что ведет к выпадению кислотных дождей;
- летучую золу с частицами недогоревшего топлива.

Ежегодно в мире в результате деятельности человека в атмосферу поступает 25,5 млрд т оксидов углерода, 190 млн т оксидов серы,

65 млн т оксидов азота, 1,4 млн т хлорфторуглеродов (фреонов), органические соединения свинца, углеводороды (в т. ч. канцерогенные, вызывающие онкологические заболевания).

В состав более 7 тыс. химических соединений, загрязняющих окружающую среду в результате деятельности человека, входят общетоксические, аллергенные, эмбрионадотропные, мутагенные и канцерогенные вещества. Среди них выделяют как наиболее опасные семь групп веществ: двуокись азота в воздухе; бензол в воздухе; пестициды в воде; нитраты в воде; диоксины в пищевых продуктах и в почве; полихлорированные дифенилы в пищевых продуктах; соляная кислота в почве, а также металлы (ртуть, свинец, цинк, медь, кадмий, хром, олово, марганец и др.), радиоактивные элементы, ядохимикаты, поступающие с сельскохозяйственных полей, стоки животноводческих комплексов и ферм.

Техносферу можно разделить на виды: производственную, промышленную, транспортную, городскую, селитебную (жилую), бытовую и др. В области техносферы последовательно пребывает человек в своем суточном жизненном цикле, и каждая из них характеризуется техногенными опасностями, которые в большинстве случаев определяются существованием отходов, образующихся при любом возможном виде деятельности человека. Абсолютный показатель негативности техносферы – сокращение продолжительности жизни.

Большую часть времени активной жизнедеятельности человека занимает целенаправленная профессиональная работа, осуществляемая в условиях конкретной производственной среды, включающая природно-климатические факторы и факторы, связанные с профессиональной деятельностью (шум, вибрация, токсичные газы, пыль, ионизирующие излучения и др.), которая при несоблюдении принятых нормативных требований может неблагоприятно повлиять на его работоспособность и здоровье.

Деятельность человека в производственной среде осуществляется на рабочих местах в определенных условиях, которые называются условиями труда. Когда человек создавал техносферу, он стремился повысить рост коммуникабельности, увеличить на некий уровень удобство среды своего обитания, снабдить себя защитой от всевозможных негативных воздействий естественного характера. Именно это было благополучно отражено на условиях жизни и деятельности

людей и в соответствии с другими факторами положительно сказалось на продолжительности жизни. Однако городская и производственная среды по уровню безопасности находились за рамками допустимых требований. Пытаясь получить самые высокие результаты от хозяйственной деятельности, современное человечество стало использовать небюсферные источники энергии (ядерные и термоядерные), тем самым задавая высокие темпы геохимическому преобразованию природной среды. Многие процессы, вызванные деятельностью человека, оказались противоположно направленными относительно нормального режима в биосфере. На качественное изменение среды обитания повлияли быстрые темпы роста численности населения и урбанизация, рост промышленности, увеличение потребления энергетических и минеральных ресурсов, увеличение числа транспортных средств, химизация сельского хозяйства и быта человека, неэкологичность технологических процессов, техногенные аварии и катастрофы и др.

Источниками опасностей для жизни и здоровья работающих в производственной сфере являются здания и сооружения, технологическое, подъемно-транспортное и другое оборудование. Один элемент производственной сферы может являться источником опасностей нескольких видов. Техногенные опасности включают потенциальные и реальные. Потенциальные опасности несут скрытую угрозу здоровью работника. Реальные опасности – это опасности, которые в данный момент или в течение какого-либо времени негативно влияют на человека. Когда на источник опасности воздействует инициатор опасности, потенциальные опасности превращаются в реальные. Одной из особенностей системы «человек–производственная среда» является то, что работник выступает в этой среде одновременно как объект негативного воздействия производственной среды и инициатор образования реальных опасностей или преобразования потенциальных опасностей в реальные. Его иницирующие воздействия на источник опасности являются результатом усталости, невнимательности, непрофессионализма, умышленного или случайного нарушения правил охраны труда и других причин. Другими инициаторами опасности являются объективные факторы природного и техногенного характера.

Проявление первичных негативных факторов (столкновение транспортных средств, обрушение конструкций, взрыв и т. д.)

в чрезвычайных ситуациях может вызвать цепь вторичных негативных воздействий – пожар, загазованность, затопление помещений, разрушение систем повышенного давления, химическое, радиоактивное и бактериальное воздействие и т. п. Последствия (число травм и жертв, материальный ущерб) от действия вторичных факторов часто превышают потери от первичного воздействия, например авария на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС).

Анализ совокупности негативных факторов, действующих в настоящее время в техносфере, показывает, что приоритетное влияние имеют антропогенные негативные воздействия, среди которых преобладают техногенные, сформировавшихся в результате преобразующей деятельности человека и изменений в биосферных процессах, обусловленных этой деятельностью. Большая часть факторов имеет характер прямого воздействия (яды, шум, вибрация и т. п.). Но широкое распространение в последнее время получают вторичные факторы (фотохимический смог, кислотные дожди и др.), которые возникают в среде обитания из-за энергетических или химических процессов взаимодействия с компонентами биосферы или между собой первичных факторов. Уровни и масштабы воздействия негативных факторов постоянно нарастают и в ряде регионов техносферы достигли таких значений, когда человеку и природной среде угрожает опасность необратимых деструктивных изменений. Под влиянием этих негативных воздействий изменяется окружающий нас мир и его восприятие человеком, происходят изменения в процессах деятельности и отдыха людей, в организме человека возникают патологические изменения и т. п. Практика показывает, что полностью устранить негативные воздействия в техносфере затруднительно. Для обеспечения защиты в условиях техносферы реально лишь ограничить воздействие негативных факторов их допустимыми уровнями с учетом их одновременного действия. Соблюдение предельно допустимых уровней воздействия – один из основных путей обеспечения безопасности жизнедеятельности человека в условиях техносферы.

Во многих регионах планеты биосфера стала активно замещаться техносферой, обладающей повышенным влиянием на человека и окружающую среду негативных факторов. Негативный результат существования, функционирования и развития техносферы – воз-

возникновения на ее объектах различного рода аварий и техногенных катастроф, которые являются источником вредных и опасных факторов.

При техногенных авариях и катастрофах величины вредных факторов могут достигать чрезвычайно высоких значений. В качестве критерия безопасности техносферы используют допустимую вероятность (риск) возникновения подобных событий. Обеспечить нулевой риск невозможно, поэтому используется понятие приемлемого (допустимого) риска, который представляет компромисс между уровнем безопасности и возможностями его достижения. Введение приемлемого риска направлено на защиту человека.

В настоящее время сложились представления о величинах приемлемого и неприемлемого риска. Неприемлемый риск имеет вероятность реализации негативного воздействия более 10^{-3} , приемлемый – менее 10^{-6} . При значениях риска от 10^{-3} до 10^{-6} принято различать переходную часть его значений.

При возникновении техногенных аварий человеческий фактор часто является определяющим. Так, на объектах с повышенным риском из-за ошибок персонала происходит до 60 % аварий. Ошибки, допускаемые человеком, реализуются при проектировании и изготовлении технических систем, при их техническом обслуживании, при неправильной организации рабочего места оператора и т. д. Все чаще причиной несчастных случаев становятся психологические качества человека.

К возникновению негативных факторов в техносфере могут приводить стихийные бедствия, которые часто сопровождаются разрушением промышленных объектов, гидросооружений, транспортных магистралей, возникновением пожаров и т. п. Особую опасность представляют выбросы радиоактивных, химически опасных и других опасных веществ при разрушениях или повреждениях хранилищ, технологического и исследовательского оборудования на объектах атомной энергетики, химической промышленности и других отраслей.

Для оценки влияния опасностей на человека и среду обитания используют абсолютные и относительные показатели негативности техносферы. К абсолютным показателям относят:

– численность людей $T_{\text{тп}}$, пострадавших от воздействия травмирующих факторов;

– численность людей T_3 , получивших профессиональные заболевания;

– сокращение продолжительности жизни СПЖ_а при воздействии одного или нескольких негативных факторов.

Относительные показатели используют для оценки травматизма в производственных условиях. К ним относят:

– показатель частоты травматизма $K_ч$ – число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период времени (обычно год):

$$K_ч = T_{тр} \cdot 1000 / C, \quad (1.1)$$

где C – среднесписочное число работающих;

– показатель тяжести травматизма $K_т$ – средняя длительность нетрудоспособности, приходящаяся на один несчастный случай:

$$K_т = Д / T_{тр}, \quad (1.2)$$

где $Д$ – суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям;

– показатель нетрудоспособности – произведение показателя частоты $K_ч$ и показателя тяжести:

$$K_н = Д \cdot 1000 / C. \quad (1.3)$$

Следовательно:

$$K_н = K_ч K_т; \quad (1.4)$$

– показатель частоты несчастных случаев с летальным исходом $K_л$ – уровень принудительной смертности на производстве:

$$K_л = N_л \cdot 1000 / C, \quad (1.5)$$

где $N_л$ – число летальных исходов на производстве;

– показатель сокращения продолжительности жизни СПЖ при воздействии вредного фактора или их совокупности

$$\text{СПЖ} = (\text{П} - \text{СПЖ}_a / 365) / \text{П}, \quad (1.6)$$

где П – средняя продолжительность жизни, лет;

СПЖ – сокращение продолжительности жизни, лет;

– региональная младенческая смертность РМС – число смертей детей в возрасте до 1 года из 1000 новорожденных;

– материальный ущерб.

2. ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

2.1. Анализ воздействия сельскохозяйственного производства на окружающую среду

Вплоть до 60-х гг. XX в. считалось, что основное влияние на природное равновесие окружающей среды оказывают промышленность и транспорт, а возможное негативное влияние сельского хозяйства недооценивалось. Сельскохозяйственное производство воздействует на естественные ресурсы разнообразно и влияет на окружающую среду как в положительном, так и в отрицательном аспектах. Достижения научно-технической революции способствовали интенсификации и индустриализации сельскохозяйственного производства, внедрению новых технологий возделывания культур, созданию высокоурожайных сортов и гибридов растений, продуктивных пород животных и птиц. В Республике Беларусь величина экологически безопасного сельскохозяйственного производства составляет около 50 % от суммарных его объектов. Основными критериями производимой сельскохозяйственной продукции считаются полное удовлетворение потребностей различных категорий потребителей и ее экологическая безопасность. Сельскохозяйственное производство должно вписываться в окружающую природную среду, не вызывая нарушения природного баланса и экологического равновесия. В то же время неравномерность внесения удобрений вызывает неравномерность почвенного плодородия и полегание посевов, что ухудшает качество урожая и затрудняет уборку. Основными причинами неравномерного внесения минеральных удобрений являются: несоблюдение правил производства работ, недостаточные технические возможности машин, неточное вождение машинно-тракторных агрегатов (МТА). Первая причина обусловлена недостаточным контролем со стороны специалистов за регулировкой и настройкой технических средств, качеством выполнения технологического процесса. Центробежные разбрасыватели имеют ряд достоинств, однако получить с их помощью качественное распределение минеральных удобрений затруднительно. Это зависит от различных факторов: качества удобрений

(плотности, формы гранул, сыпучести, влажности и др.); скорости и направления ветра; точности установки дозы; частоты вращения дисков, угла наклона дисков; количества и формы лопаток; высоты дисков над поверхностью поля и растений; места подачи удобрений на диск (положение туконаправителя); соблюдения стыковых проходов и др.

Актуальной проблемой техносферной безопасности в Республике Беларусь является обращение с непригодными и запрещенными к использованию пестицидами. Применение различных групп пестицидов дает быстрый и эффективный результат, однако превышение доз и предельно допустимых концентраций ведет к накоплению их в почве, миграции по пищевым цепям, попаданию в организм человека. Пестициды используются в сельском хозяйстве для борьбы с заболеваниями растений, с сорняками и насекомыми-вредителями. Хранение пестицидов требует больших затрат на оборудование специализированных площадок (полигонов, хранилищ) и систематического контроля за состоянием окружающей среды.

В настоящее время широко разрабатываются рациональные формы организации агроландшафтов, которые становятся основой сохранения и возобновления природных ресурсов, экологизации сельскохозяйственного производства, улучшения охраны окружающей среды, условий труда и жизни человека.

Многие страны на определенном этапе своего развития активно использовали осушительную мелиорацию для решения продовольственной проблемы. Быстрые приросты населения при относительно низкой продуктивности традиционных земель заставляли использовать мелиорацию новых земель для получения дополнительных объемов сельскохозяйственной продукции. Но в последующем, с развитием общей культуры земледелия и особенно ростом интенсификации агропроизводства, освоение новых земель почти прекратилось, даже наблюдается вывод прежних мелиорированных земель, особенно торфяно-болотных, из хозяйственного оборота и придание им прежнего естественного облика (заболачивание, залесение, залужение). Перспективное использование торфяных почв Беларуси определяется необходимостью сохранения и поддержания благоприятной окружающей среды и экономного расходования органического вещества для устойчивого развития сельскохозяйственного производства.

Производственные процессы в животноводческой отрасли вызвали существенное ухудшение экологической ситуации. Животноводческие предприятия являются потенциальными источниками загрязнения почвы и водоемов. Навоз, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), может быть фактором передачи более 100 видов возбудителей болезней животных, в т. ч. опасных и для человека. Особенно опасен жидкий навоз, получаемый при бесподстилочном типе содержания животных. Патогенная микрофлора в жидком навозе благодаря высокой влажности и большому содержанию в нем аммиака и хлоридов, препятствующих размножению термофильных микроорганизмов, остается жизнеспособной длительное время. Возникли проблемные ситуации и с переработкой, обезвреживанием и использованием больших количеств навоза, в значительной степени жидкого, получаемого при бесподстилочном содержании, утилизации трупов животных.

В системе Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь для переработки сельскохозяйственных продуктов имеются мясо и молокозаводы, льнокомбинаты, а также внутрихозяйственные крахмальные, консервные цеха и другие агропредприятия, производственная деятельность которых загрязняет атмосферу выбросами технологического оборудования и системами вытяжной вентиляции. В выбросах мясокомбинатов содержатся сероводород, аммиак, фенолы, кетоны, диоксид серы, оксид углерода, сажа, древесная и костная пыль. Основное вредное воздействие на загрязнение атмосферы оказывают запахи, которые распространяются на расстояние до 20 км. На предприятиях льнообработки образуются загрязненные воздушные выбросы при транспортировке, сортировке и механической обработке волокна. Льняная пыль, в основном органического происхождения, содержит обрывки волокон, шелухи, костры. Основную массу ее составляют частицы размером до 4 мкм. Из минеральных элементов присутствуют Si, Al, Ca, Mg, Ni, Na, Fe, Sr, относящиеся к нетоксичным веществам. Нетоксичная пыль минерального и органического происхождения малоопасна, ее предельно допустимая концентрация (ПДК) составляет 2–6 мг/м³ в рабочей зоне и 0,5 мг/м³ в атмосферном воздухе.

Агропредприятия мясомолочной специализации представляют опасность для водных источников. Содержание неприятно пахнущих

веществ наиболее велико в технологических выбросах. Доля вредных веществ, поступающих в атмосферу с неконденсировавшейся частью паров, составляет более 50 % от общего количества выбрасываемых одорантов. С выбросами систем местной вентиляции в атмосферу поступает около 10 % массового выброса одорантов, столько же выбрасывается через оконные, дверные и технологические проемы производственных зданий. Остальная часть неприятно пахнущих веществ поступает в атмосферу с выбросами общеобменной вентиляции.

Для повышения техносферной безопасности сельскохозяйственного производства целесообразен переход к адаптированным технологиям, что способствует и целенаправленному наращиванию производства экологически чистой продукции растениеводства и животноводства, основанному на современных технологиях, рациональном использовании природных ресурсов и охране окружающей среды.

2.2. Воздействие на окружающую среду эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники и автотранспортных средств

При эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) различают следующие показатели экологической безопасности:

- удельные выбросы CO, CH и NO_x в отработавших газах (ОГ) дизельных двигателей внутреннего сгорания (ДВС);
- дымность ОГ дизеля (в установившемся режиме и режиме свободного ускорения) с учетом условий эксплуатации;
- содержание CO и CH в отработавших газах карбюраторных ДВС;
- содержание CO и CH в ОГ газобаллонных ДВС;
- утечки газа из систем питания газобаллонных ДВС машин;
- содержание CO в воздухе рабочей зоны оператора трактора или сельскохозяйственной машины (герметичность кабины);
- утечки моторного, трансмиссионного и гидравлического масла, дизтоплива, охлаждающей жидкости;

- выбросы (утечки) отработавших газов помимо выхлопной трубы трактора или сельскохозяйственной машины;
- шум внешний и внутренний (в кабине водителя), создаваемый трактором (сельскохозяйственной машиной);
- вибрации на рулевом колесе и на сиденье оператора трактора (машины);
- удельное давление на почву движителей машины.

По воздействию на организм человека компоненты выбросов ДВС в атмосферу подразделяют:

- на токсичные (CO, NO_x, SO₂, C_xH_y, свинцовые соединения);
- канцерогенные (C₂₀H₁₂);
- раздражающего действия (акролеин, формальдегид, SO₂, C_xH_y);
- надоедающие (C_xH_y, сажа, пары масел).

Для выявления причин образования вредных веществ в ОГ необходимо знать принципиальное устройство ДВС и происходящие в них процессы.

В процессе окисления (сгорания) топлива в ДВС образуются нетоксичные компоненты (водяной пар и диоксид углерода) и описанные ранее токсичные вещества, являющиеся продуктами неполного сгорания (оксид углерода) или побочных реакций, протекающих при высоких температурах (оксиды азота), а некоторые содержатся в топливе и при работе двигателя выбрасываются с ОГ (тетраэтилсвинец). Образование токсичных веществ зависит от способа смесеобразования и условий сгорания топливовоздушной смеси, поэтому различается содержание токсичных веществ в выбросах бензиновых двигателей и дизелей (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Токсичные компоненты, выделяющиеся при сжигании 1 кг топлива в двигателях внутреннего сгорания

Основные компоненты	Карбюраторный двигатель		Дизель	
	Масса, г	Относительное содержание, %	Масса, г	Относительное содержание, %
Оксид углерода	225	73,8	25	25,5
Оксид азота	55	18,1	38	38,8
Углеводороды	20	6,6	8	8,2

Основные компоненты	Карбюраторный двигатель		Дизель	
	Масса, г	Относительное содержание, %	Масса, г	Относительное содержание, %
Оксид серы	2	0,7	21	21,4
Альдегиды	1	0,3	1	1,0
Сажа	1,5	0,5	5	5,1
Итого	304,5	100	98	100

Прежде всего на работу ДВС влияет состав горючей смеси, для оценки которого используют коэффициент избытка воздуха

$$\alpha = L_d / L_T, \quad (2.1)$$

где L_d – масса воздуха, действительно участвующего в процессе сгорания топлива;

L_T – масса воздуха, теоретически необходимого для сгорания топлива.

Различают следующие составы горючей смеси:

– нормальная смесь, $L_d = L_T$ ($\alpha = 1$). Например, для сгорания 1 кг бензина необходимо около 15 кг воздуха. Двигатель, работающий на нормальной смеси, развивает мощность, близкую к максимальной, а удельный расход топлива незначительно больше минимального;

– обедненная смесь, $L_d > L_T$ ($\alpha = 1,05–1,15$). В этом случае на 1 кг бензина приходится более 15 кг, но не свыше 16,5 кг воздуха. При работе на такой смеси мощность ДВС несколько снижается, поскольку скорость сгорания смеси замедляется, но экономичность двигателя возрастает;

– бедная смесь, $L_d > L_T$ ($\alpha = 1,2$). На 1 кг бензина приходится свыше 16,5 кг воздуха. Работа ДВС на этой смеси сопровождается резким падением мощности и возрастанием удельного расхода топлива. Смесь со значением коэффициента избытка воздуха $\alpha > 1,3$ в цилиндре не воспламеняется;

– обогащенная смесь, $L_d < L_T$ ($\alpha = 0,8–0,9$). На 1 кг бензина тратится менее 15 кг, но не менее 13 кг воздуха. В этом случае ДВС

развивает максимальную мощность, поскольку скорость сгорания увеличивается, но экономичность двигателя ухудшается;

– богатая смесь, $L_d < L_T$ ($\alpha = 0,6-0,8$). На 1 кг бензина приходится менее 13 кг воздуха. Работа на такой смеси вызывает падение мощности ДВС и значительное ухудшение экономичности. Смесь со значением коэффициента избытка воздуха $\alpha < 0,5$ в цилиндре не воспламеняется.

В зависимости от режима работы бензинового ДВС коэффициент α может изменяться в пределах 0,60–1,15. Внешним признаком работы ДВС на бедной смеси служат вспышки (выстрелы) в карбюраторе, а на богатой смеси то же явление, но в выпускной трубе.

Дизель работает с коэффициентом $\alpha = 1,20-1,65$, что объясняется менее благоприятными условиями смесеобразования из-за отсутствия специального устройства для смешивания топлива с воздухом вне цилиндра. В дизелях время, отводимое на смесеобразование, в 20–30 раз меньше, чем у карбюраторных ДВС.

Работа бензиновых ДВС происходит на обогащенных смесях, поэтому причиной образования в ОГ оксида углерода является недостаток кислорода. Также из-за недостатка кислорода в ОГ поступают частицы газообразного топлива (C_xH_y). Однако если в смеси будет избыток кислорода (обедненная), произойдет образование оксидов. Максимальное их количество образуется при высоких частотах вращения коленчатого вала бензиновых ДВС. При малых частотах вращения и холостом ходе количество оксидов азота резко сокращается, но возрастает выброс CO и C_xH_y .

В ОГ дизелей концентрации CO и C_xH_y наиболее высоки при полной нагрузке. При переходе на режим холостого хода или при уменьшении нагрузки они несколько уменьшаются за счет снижения температуры сгорания топлива.

Согласно нормативам внешний шум автотранспортных средств, служащий одним из показателей их экологичности, не должен превышать установленной величины на расстоянии 7,5 м от их оси перпендикулярно направлению движения. Шумовое воздействие автотранспортных средств в составе транспортных потоков отличается от влияния на окружающую среду одиночного автомобиля, поскольку здесь имеет место сложение шумов. Однако уровни шума, выраженные в децибелах, складывать арифметически нельзя,

в данном случае общий уровень шума определяется по закону энергетического суммирования. Например, суммарный уровень шума L_{Σ} , дБ (дБА), нескольких одинаковых источников вычисляются по формуле

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10 \lg n, \quad (2.2)$$

где L_1 – уровень шума одного источника, дБ (дБА);
 n – число источников.

При одновременном воздействии двух источников с разным уровнем шума его суммарный уровень

$$L_{\Sigma} = L_a + \Delta L, \quad (2.3)$$

где L_a – наибольший из двух суммируемых уровней шума, дБ (дБА);

ΔL – добавляемая величина, зависящая от разности уровней шума источников, дБ (дБА).

Разность уровней

двух источников $L_a - L_b$ ($L_a > L_b$)	0	1	2,5	4	6	10
Добавляемая величина ΔL	3	2,5	2	1,5	1	0,5

Из приведенных зависимостей следует, что если уровень шума одного источника выше уровня другого на 8–10 дБ (дБА), то суммарный уровень шума будет незначительно превышать уровень шума более интенсивного источника.

Источниками звуков и шумов являются колеблющиеся твердые, жидкие и газообразные тела. Колебания (вибрации) механизмов и машин возникают под действием периодических или случайных возмущающих сил. Периодические вибрации возникают, когда объект содержит вращающиеся или возвратно-поступательно движущиеся части. В ДВС такими частями являются кривошипно-шатунный механизм и механизм газораспределения, топливоподающая аппаратура и др. Вибрации ДВС возбуждают колебания всего автомобиля, который содержит и другие возбудители периодических колебаний, в частности элементы трансмиссии.

Существенный вклад в шумовое воздействие автомобиля вносят системы впуска и выпуска, система охлаждения ДВС и работа

вентиляторов, компрессоров, электрических генераторов. Система впуска излучает акустические колебания в диапазоне частот 50–800 Гц с уровнем до 108–110 дБА. В случае применения турбонаддува его аэродинамический шум, достигающий 135 дБА, может значительно превышать шум других агрегатов ДВС.

Характер вибрации и шума трансмиссии автомобиля определяется конструктивными особенностями, частотой вращения и нагрузкой валов и зубчатых зацеплений, наличием и параметрами изгибных и крутильных колебаний, величинами остаточных дисбалансов. Уровни шума трансмиссий оцениваются в 75–80 дБА и располагаются в диапазоне частот 400–5000 Гц.

У мощных автомобилей средний уровень звуковой энергии, излучаемой коробкой передач, может достигать 103–106 дБА, что обусловлено взаимодействием зубьев шестерен. Прежде всего речь идет о зубьях с эвольвентным профилем, который при контакте шестерен теоретически должен обеспечить обкатывание одного зуба по поверхности смежного без удара и без скольжения. Для обеспечения крутящего момента и необходимой прочности зуба выбираются его модуль и ширина. При этом предполагается, что контакт происходит по всей ширине зуба и «пятно контакта» теоретически должно занимать всю ширину зуба при соответствующей его высоте. Только при выполнении этого условия может быть обеспечен расчетный коэффициент полезного действия передачи.

Шум значительно возрастает, если стенки корпуса передачи выполнены недостаточно жесткими, а при работе под нагрузкой корпус деформируется. В результате искажений в зацеплении зачастую возникает пульсирующее схождение и расхождение смежных зубьев за один оборот шестерен, что служит причиной «завывания» передачи в процессе ее работы под нагрузкой.

Еще одним источником внешнего шума автомобиля является качение шин, значимость которого проявляется при скоростях движения свыше 70 км/ч. Основное влияние на формирование шума оказывают:

- конструктивные параметры шин, их материал и рисунок протектора;
- скорость движения машины;
- нагрузка на шину;
- состояние протектора (новый, изношенный, восстановленный);

- давление воздуха в шине;
- состояние и профиль дорожного полотна.

Шум, излучаемый шинами при свободном движении автомобиля по асфальтированному шоссе, составляет 62–80 дБА при скоростях от 50 до 110 км/ч, а основные составляющие спектра находятся в диапазоне частот 100–1500 Гц.

Практически все топливо, сгоревшее в цилиндрах ДВС, превращается в теплоту. На номинальном режиме работы ДВС количество теплоты на единицу эффективной мощности в час составляет для карбюраторного двигателя 11,9–16,8 МДж/(кВт·ч), для дизелей – 8,7–11,9 МДж/(кВт·ч). Если учесть, что общая мощность работающих в настоящее время ДВС более чем в пять раз превышает мощность всех электростанций страны, можно оценить, какое количество теплоты поступает в окружающую среду. Наряду с тепловыми выбросами других источников это способствует образованию над населенными пунктами «островов теплоты», где в ночное время температура воздуха может на 10 °С превышать температуру в ближайших пригородах.

Тепловые выбросы ДВС автомобилей влияют на теплонапряженность кабины водителя и ее микроклимат. При наличии ДВС с жидкостным охлаждением поток горячего воздуха от ее радиатора направлен, как правило, вдоль автомобиля в сторону кабины. В результате средняя температура стенки кабины со стороны моторного отсека может превышать температуру наружного воздуха на 25 °С, а у переднего стекла – на 13 °С–16 °С. Указанное обстоятельство обуславливает дополнительную нагрузку на систему нормализации микроклимата в кабине, вследствие чего холодопроизводительность должна быть соответственно увеличена.

Поскольку в теплый период года для нормализации микроклимата в кабинах автомобилей широко применяются зарубежные хладоновые (фреоновые) кондиционеры, привод которых осуществляется от ДВС объекта его использования, то это вызывает дополнительные затраты мощности, а следовательно, и дополнительный расход горючего, что связано с увеличением выбросов вредных веществ с ОГ.

Механическая мощность N_0 , потребляемая на привод кондиционера, зависит от его холодопроизводительности Q_0 . Оценка уровня

совершенства кондиционера по отношению к потребляемой им мощности производится с помощью холодильного коэффициента:

$$\eta_0 = Q_0 / N_0. \quad (2.4)$$

Величина холодильного коэффициента η_0 кондиционеров автомобилей составляет 0,9–1,4 при продувке конденсатора кондиционера наружным воздухом в случае его монтажа перед радиатором охлаждения ДВС. Более высокое значение η_0 характерно для режима работы кондиционера и автомобиля в целом, если осуществляется достаточно интенсивный отвод теплоты от конденсатора, что имеет место, например, при движении автомобиля по загородной автодорожке с относительно большой скоростью, когда набегающий поток воздуха хорошо продувает и конденсатор, и радиатор системы охлаждения ДВС. В этих условиях на свободной автомагистрали температура воздуха не подвержена аномалии из-за теплового воздействия ДВС.

Иная ситуация складывается при движении автомобиля в городских транспортных потоках. Здесь из-за возросшей температуры окружающего воздуха (тепловое воздействие множества автомобилей) и в связи с ухудшением режима обдува конденсатора кондиционера эффективность его работы падает, что и обуславливает снижение величины η_0 до минимума. Следовательно, требуется дополнительный расход энергии на функционирование кондиционера даже без учета необходимости некоторого увеличения его холодопроизводительности из-за возросшей тепловой нагрузки при изменении внешней температуры.

Холодопроизводительность кондиционера автомобиля зависит не только от окружающей температуры и требуемой температуры воздуха на рабочем месте водителя, но и от объема кабины. Чем больше кабина, тем значительнее притоки теплоты, что и обуславливает возрастание холодопроизводительности кондиционера. Поскольку такие автотранспортные средства, как грузовые автомобили различной грузоподъемности, тракторы, строительные дорожные и другие тяжелые машины, имеют различный объем кабин (от 1,5 до 4 м³), то созданы кондиционеры холодопроизводительностью 2,3–7,3 кВт с учетом специфики эксплуатации этих машин.

У большегрузного автомобиля с объемом кабины 4 м³ при условно постоянной холодопроизводительности кондиционера $Q_0 = 7,3$ кВт

изменение энергозатрат на его привод оценивается по преобразованному выражению

$$N_0 = Q_0 / \eta_0. \quad (2.5)$$

При $\eta_0 = 1,4$ значение $N_0 = 5,2$ кВт, а при $\eta_0 = 0,9$ величина $N_0 = 8,1$ кВт. Следовательно, энергозатраты на привод кондиционера возрастают по крайней мере на 2,9 кВт, что существенно сказывается на увеличении вредных выбросов с ОГ. Таким образом, эксплуатация автомобилей с кондиционером не только вызывает рост тепловых выбросов ДВС, но и негативно влияет на выбросы ОГ.

От состояния почв, качества и площади зеленого покрова Земли зависят продуктивность биосферы и состояние атмосферы, поскольку в процессе фотосинтеза, важного звена в цепочке жизнеобеспечения биосферы, происходят постоянный круговорот и обновление диоксида углерода, кислорода и воды, являющихся ключевыми компонентами атмосферы. В настоящее время под сельскохозяйственные культуры используется 10 %–11 % всей суши (около 1,5 млрд га), под пастбища и луга отведено 23 %–30 %, а под продуктивные лесные массивы – около 27 %. Применение в сельском хозяйстве мобильной сельскохозяйственной техники привело к повышению их давления на почву. Например, давление ходовых систем тракторов на почву возросло до 100–180 кПа, прицепов и машин для внесения удобрений – до 160–420 кПа, большегрузных автомобилей – до 450–700 кПа.

Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур предусматривают многократные проходы техники по полю. Вследствие этого площади полей подвергаются за сезон двух-четырёхкратному воздействию ходовых систем технических средств, а отдельные участки поля – восьми-шестнадцатикратному. Увеличение давления на почву и числа проходов движителей ходовых систем сельскохозяйственной техники по полю поставили перед земледелием серьёзную проблему переуплотнения почв, которая с каждым годом становится все острее. Причем переуплотнение почв происходит не только в пахотном, но и в подпахотном горизонтах (на глубину 0,6–1,0 м) с сохранением этого негативного последствия в течение ряда лет. В результате корневая система растений формируется в пределах почвообрабатываемого слоя (25–30 см),

содержание влаги в котором неустойчиво, что в значительной мере отражается на стабильности урожая выращиваемых культур. Поскольку максимальная глубина обработки почвы в растениеводстве в основном не превышает 30 см, процесс снижения эффективности плодородия почвы под воздействием многократного уплотнения ходовой частью машин носит кумулятивный (сосредоточенный) характер. Урожайность сельскохозяйственных культур снижается от 5,1 % при одно-двукратном уплотнении в первый год и до 18 % на четвертый год после четырех-восьмикратного суммарного уплотняющего воздействия.

Последствия уплотнения почвы движителями МСХТ определяются характеристиками почвы во время воздействия и, главным образом, максимальным контактным давлением. При воздействии движителя с максимальным контактным давлением 125,5 кПа физические свойства почвы практически восстанавливаются через год в результате саморазуплотнения почвы и проводимых обработок. При максимальном контактном давлении 183–205 кПа существенное остаточное уплотнение в пахотном слое сохраняется в течение двух лет. Связано это с тем, что высокое контактное давление деформирует структуру почвы, отдельные ее агрегаты, пористость которых не восстанавливается обработкой почвы и ее рыхлением.

Проблема переуплотнения почвы машинно-тракторными агрегатами в последние десятилетия выдвинулась на одно из первых мест в ряду антропогенных воздействий на природную среду. Переуплотнение ведет к усилению основного антропогенного фактора деградации почв и ландшафтов – водной и ветровой эрозии.

Воздействие на окружающую среду при эксплуатации автомобиля сказывается не только токсическими веществами отработавших газов, сажей, парами топлива, но и продуктами износа деталей автомобиля, фрикционных материалов (накладки тормозов, дисков сцепления – источники асбестосо-держащих пылей), дорожного покрытия и шин при их взаимном трении (покрытие зимой изнашивается на толщину до 6 мм, а летом – до 2 мм, а износ шин на 1 км дороги при интенсивности движения 5000 автомобилей в час составляет 250 кг/год). Выброс резиновой пыли при эксплуатации легковых автомобилей оценивается в 1,35, грузовых – в 17,1, автобусов – в 53,2 кг в год на одну транспортную единицу, а асбесто-содержащей пыли (до 30 % асбеста) от износа тормозных накладок – 0,8–1,5 кг в год на автомобиль.

Ремонтные работы по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей ведутся на производственных участках, технологическое оборудование которых – станки, средства механизации и котельные установки – представляет собой стационарные источники выделения загрязняющих веществ (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Источники выделения вредных веществ
в производственных процессах автотранспортных предприятий

Зона, участок, отделение	Производственный процесс	Используемое оборудование	Выделяемые вредные вещества
1. Участок мойки подвижного состава	Мойка наружных поверхностей	Механическая (моечные машины), шланговая мойка	Пыль, щелочи, поверхностно-активные синтетические вещества, растворенные кислоты, фенолы
2. Зона технического обслуживания участка диагностики	Техническое обслуживание	Подъемно-транспортные устройства, осмотровые канавы, стенды, оборудование для замены смазки и комплектующих, система вытяжной вентиляции	Оксид углерода, углеводороды, оксид азота, масляный туман, сажа, пыль
3. Слесарно-механический участок	Слесарные, расточные, сверлильные, строгальные работы	Токарные, вертикально-сверлильные, фрезерные, шлифовальные и другие станки	Абразивная и металлическая пыль, масляный туман, эмульсия

Продолжение таблицы 2.2

Зона, участок, отделение	Производственный процесс	Используемое оборудование	Выделяемые вредные вещества
4. Электротехнический участок	Заточные, изолированные, обмоточные работы	Заточные станки, электrolудильные ванны, оборудование для пайки, стенды испытаний	Абразивная и асбестовая пыль, канифоль, пары кислот
5. Аккумуляторный участок	Сборочно-разборочные и зарядные работы	Ванны для промывки и очистки, сварочное оборудование, стеллажи, система вытяжной вентиляции	Промывочные растворы, пары кислот, электролит, шламы, щелочные аэрозоли
6. Участок топливной аппаратуры	Регулировочные и ремонтные работы топливной аппаратуры	Проверочные стенды, специальная оснастка, система вытяжной вентиляции	Бензин, керосин, дизельное топливо, ацетон, бензол
7. Кузнечно-рессорный участок	Ковка, закалка, отпуск металлических изделий	Кузнечный горн, термические ванны, система вытяжной вентиляции	Угольная пыль, сажа, оксиды углерода, азота, серы, загрязненные сточные воды

Зона, участок, отделение	Производственный процесс	Используемое оборудование	Выделяемые вредные вещества
8. Медницко-жестяницкий участок	Резка, пайка, правка, формовка по шаблонам	Ножницы по металлу, оборудование для пайки, шаблоны, система вытяжной вентиляции	Пары кислот, третник, наждачная и металлическая пыль, стружка и другие отходы
9. Сварочный участок	Электродуговая и газовая сварка	Оборудование для электродуговой сварки, ацетиленовый генератор, система вытяжной вентиляции	Минеральная пыль, сварочный аэрозоль, оксиды марганца, азота, хрома, хлорид водорода, фториды
10. Арматурный участок	Резка стекол, ремонт дверей, полов, сидений, внутренней отделки	Электрический и ручной инструмент, сварочное оборудование	Пыль, сварочный аэрозоль, древесная и металлическая стружка, металлические и пластмассовые отходы
11. Обойный участок	Ремонт и замена изношенных и поврежденных сидений, полок и др.	Швейные машины, раскройные столы, ножи для кроя и резки поролона	Минеральная и органическая пыль, отходы тканей и синтетических материалов

Зона, участок, отделение	Производственный процесс	Используемое оборудование	Выделяемые вредные вещества
12. Участок шиномонтажа и ремонт шин	Разборка, сборка, ремонт шин	Стенды для разборки и сборки шин, оборудование для вулканизации, станки для динамической и статической балансировки	Минеральная и резиновая пыль, диоксид серы (сернистый ангидрид), пары бензина

К числу отходов автотранспортных предприятий относятся жидкие отходы, сбрасываемые в поверхностные и сточные воды (растворители, нефтепродукты, взвеси), так и твердые отходы, которые вывозят для захоронения на полигоны и свалки, передают на переработку и захоронение другим предприятиям или используют для собственных нужд.

Жидкие отходы, образующиеся при выполнении технологических процессов мойки, очистки деталей, электрохимической обработки, малярных и других работ, являются основными загрязнителями сточных вод. Автотранспортными предприятиями в среднем из расчета на один автомобиль в поверхностные водоемы сбрасывается 100 кг отходов в год, в т. ч., кг: сухой остаток – 76; хлориды – 17; сульфаты – 4; взвеси – 1; остальное – 2. Образуется большое количество ила и грязи, в которых содержится много вредных примесей, в т. ч. нефтепродуктов и тяжелых металлов.

Объемы твердых отходов технологических процессов зависят от периодичности проведения регламентных работ и номенклатуры используемого оборудования. При выполнении операций обслуживания и ремонта автомобилей используются прокат металлов (прутки различного сечения, листовая сталь, фасонный прокат различных размеров, изделия из свинца, олова, меди, припой, латунные трубки), режущий инструмент, электротехнические материалы, фрикционные материалы и др.

В результате механической обработки деталей, их замены, а также других видов производственной деятельности объем твердых отходов, вывозимых с автотранспортных предприятий на захоронение и свалки, составляет на один автомобиль около 250 кг в год, в т. ч., %: смет в виде пыли – 41; отходы потребления – 19; древесные отходы и макулатура – по 16; тормозные накладки – 4; стеклобой – 3; резина (кроме шин) – 2. Объем твердых отходов, передаваемых автотранспортными предприятиями на дальнейшую обработку другим организациям, составляет на один автомобиль примерно 900 кг в год, в т. ч., %: лом черных металлов – 38; осадок очистных сооружений – 31; автопокрышки – 20; отработанные масла – 9; лом аккумуляторных батарей – 2. Часть образующихся твердых отходов используется непосредственно на предприятиях. Так, древесную стружку применяют как поглотитель при уборке разливов нефтепродуктов, серную кислоту сливают из отслуживших аккумуляторных батарей и повторно используют.

Интенсивное загрязнение сточных вод взвешенными веществами и нефтепродуктами происходит в результате очистки и обезжиривания поверхностей деталей и узлов автомобилей с помощью щелочных и кислотных растворов, синтетических моющих средств, скипидара, жиров, формальдегида. Вместе с тем максимум загрязнений сточных вод связан с мойкой автомобилей (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Выход загрязнений при мойке автотранспортных средств

Автотранспортное средство	Косметическая мойка		Углубленная мойка	
	Масса загрязнений, кг/мойка	Число моек в год	Масса загрязнений, кг/мойка	Число моек в год
Легковой автомобиль	0,7	40	1,5	15
Грузовой автомобиль	1,1	25	2,3	10
Автобус	1,4	85	3,1	10

Отработанные растворы моющих средств содержат нефтепродукты и взвеси (до 5 г/л), поверхностно-активные вещества (до 0,1 г/л) и щелочные электролиты (до 20 г/л). Поскольку для восстановления деталей используются гальванические процессы, сточные воды гальванических участков содержат кислоты, щелочи, соединения хрома, соли меди, никеля, цинка и кадмия. При периодической замене моторного масла, антифриза, аккумуляторных батарей происходят залповые выбросы этих компонентов, которые сливают на землю или в канализацию, что загрязняет сточные воды. Антифриз не только загрязняет сточные воды, но и вызывает коррозию металлов. В его состав входят вода, этиленгликоль и различные присадки. Расход антифриза составляет в среднем 5 л на один автомобиль в год. Этиленгликоль является токсичным веществом и при попадании на землю вызывает гибель растительности. Отработанные антифризы следует сливать в специальные емкости и отправлять на переработку. При обезжиривании поверхностей изделий органическими растворителями, подготовке лакокрасочных материалов, их нанесении на поверхность изделия и сушке покрытия выделяются вредные вещества, причем около 4 % объема расходуемых лакокрасочных материалов попадает в сточные воды. Кроме загрязнения воздуха и воды происходит загрязнение территории предприятия твердыми отходами – отслужившими автопокрышками, аккумуляторами и демонтируемыми деталями. Масса отслуживших шин на автомобиль в год составляет: для легковых автомобилей – 9,85 кг, грузовых – 124,9 кг, автобусов – 390,4 кг.

2.3. Техносферные последствия загрязнения природных вод объектами агропромышленного комплекса

Исследованиями ВОЗ установлено, что вода в водоеме считается загрязняющей, если при изменении ее состава или состояния она становится менее пригодной для различных видов водопользования, в то время как в природном состоянии она соответствовала бы предъявляемым требованиям. Такая формулировка касается физических, химических и биологических свойств, а также наличия в воде посторонних жидких, газообразных, твердых и растворимых веществ.

Высокий рост водопотребления по самым различным направлениям является характерной чертой XXI в. Так, затраты огромного количества воды в земледелии связаны с необходимостью обеспечения продуктами все возрастающее население Земли. Чтобы произвести 1 кг растительной массы, различные растения вынуждены расходовать на транспортировку от 150–200 до 800–1000 м³ воды. В вегетационный период 1 га площади, занятый кукурузой, испаряет 2–3 млн т воды; для выращивания 1 т пшеницы, риса или хлопка требуется порядка 1500, 4000 и 10 000 т воды соответственно. Для производства 1 кг молока необходимы затраты 4 т воды, а 1 кг мяса – 26 т. В табл. 2.4 представлено удельное использование воды на сельскохозяйственные и иные цели в различных странах мира.

Таблица 2.4

Использование воды на различные хозяйственные цели
в отдельных странах мира, % к общему водопотреблению

Группа водопотребления	Беларусь	Россия	США	Финляндия	Франция
Сельскохозяйственное	22*	22	49	10	51
Промышленное	32	33	41	80	37
Коммунально-бытовое	46	24	10	10	12

* Включая использование воды в рыбном хозяйстве.

Сельскохозяйственные стоки содержат частицы почвы, биогены, входящие в состав удобрений, пестициды, помет сельскохозяйственных животных и ассоциированные к ним бактерии, остатки нефтепродуктов и др. Высокой концентрацией растворенных и нерастворенных загрязняющих веществ отличаются сточные воды животноводческих комплексов. Например, 5 тыс. м³ высококонцентрированных сточных вод сбрасывается в год из свиноводческих комплексов на 116 тыс. свиней. Эти биогенные соединения, попадая в реки, а затем в озера и водохранилища, концентрируются там до токсичных условий.

По химическому характеру примеси сточных вод разделяются на газовые, минеральные и органические. В табл. 2.5 представлена классификация сточных вод по их действию на водоемы.

Ингредиенты сточных вод после мойки машинно-тракторных агрегатов и других передвижных источников разнообразны и зависят от характера загрязнений на поверхностях машин: почвенно-растительными остатками, нефтепродуктами, ядохимикатами, органическими и минеральными удобрениями. Наиболее распространенным ингредиентом сточных вод, образующихся после мойки техники, являются взвешенные минеральные вещества и нефтепродукты. Способы и эффективность их удаления определяются фракционным составом частиц. Наличие в сточной воде значительного количества частиц диаметром более 100 мкм указывает на целесообразность использования метода отстаивания. Высокая концентрация полидисперсных взвешенных частиц нефтепродуктов способствует образованию эмульгированных нефтепродуктов, способных создавать в воде устойчивые эмульсии, практически неотделимые при безреагентном отстаивании. Фактором, обуславливающим процесс разделения эмульсий, является наличие эмульгаторов, которые можно разделить на поверхностно-активные, растворимые, нерастворимые (твердые эмульгаторы).

Таблица 2.5

Классификация сточных вод по их воздействию на водоемы

Группа	Характер примесей	Характер действия примесей на водоемы и водные организмы	Источник сточных вод
1	Неорганические со специфическими токсическими свойствами	Изменение органолептических и физико-химических свойств воды, отравление водных организмов, жаберные заболевания рыб и т. д.	Производства химической промышленности, электрохимические производства, тепловые электрические станции и др.
2	Неорганические без специфических токсических свойств	Содержат взвешенные вещества	Производство керамической, силикатной промышленности, углеобогащительные фабрики, тепловые электрические станции и др.

Группа	Характер примесей	Характер действия примесей на водоемы и водные организмы	Источник сточных вод
3	Органические со специфическими свойствами	Отравляют водные организмы, ухудшают качество воды, создают дефицит кислорода	Химические и нефтехимические производства, тепловые электрические станции и др.
4	Органические без специфических токсических свойств	Создают дефицит кислорода	Пищевая промышленность, тепловые электрические станции и др.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) содержатся в нефтепродуктах и синтетических моющих средствах, применяемых для мойки машин (щелочные соли, полифосфаты). Они уменьшают поверхностное натяжение на границе раздела фаз и образуют сольватную прослойку, препятствующую сближению капель нефтепродуктов.

Твердые минеральные удобрения, являющиеся источником загрязнения сточных вод, из-за повышенной плотности и размеров частиц способны быстро осаждаться, а относительно небольшая их растворимость в воде обеспечивает равномерное насыщение всего объема воды электролитами. Минеральные удобрения, будучи солями различных кислот, являются коррозионно-активными компонентами сточных вод.

К числу токсичных и инфицированных ингредиентов сточных вод относятся остатки навоза. Их наличие вызывает сильную загрязненность воды органическими веществами, патогенными бактериями, вирусами, яйцами гельминтов и аскарид. Конечные продукты окисления – метан, органические кислоты, сероводород, аммиак и другие соединения, являющиеся источниками загрязнений не только водной, но и воздушной сред. Обеззараживание и очистка таких стоков затруднена из-за того, что возбудители заболеваний, яйца гельминтов и аскарид окружены защитной оболочкой и вследствие этого медленно погибают.

К токсичным ингредиентам сточных вод относятся агрохимикаты. Различают хлорорганические, фосфорорганические и ртутноорганические ядохимикаты. Хлорорганические соединения, попадая в отстойник, сорбируются взвешенными веществами и осаждаются вместе с ними на дно. Фосфорорганические соединения быстро разлагаются в сточной воде, поэтому методы сорбции неприемлемы. В сточных водах после мойки зерновых сеялок содержатся в виде коллоидных растворов ртутноорганические соединения (РОС). При отсутствии эффективных очистных сооружений рассмотренные ингредиенты сточных вод становятся опасным источником загрязнения окружающей среды.

Сточные воды условно можно разделить на четыре категории:

- загрязненные почвенно-растительными остатками;
- загрязненные нефтепродуктами;
- контактируемые с минеральными удобрениями;
- контактируемые с пестицидами.

В санитарном отношении сточные воды, относящиеся к первой и второй категориям, не содержат патогенных бактерий и вирусов, что позволяет использовать их в оборотных системах водоснабжения.

Сточные воды, относящиеся к третьей категории, могут использоваться в оборотной системе при условии ограниченного коррозионного влияния удобрений на оборотную среду.

Сточные воды четвертой категории отводятся и очищаются отдельно от воды, предназначенной для оборотного водоснабжения.

После мойки оборудования животноводческих комплексов в сточных водах содержатся органические вещества и бактерии. В целях снижения загрязнения окружающей среды рекомендуется обеззараживать стоки и использовать осветленную их часть на технологические нужды. Необходимо, чтобы сточные воды не попадали в водоемы, представляющие собой сложные экосистемы, формировавшиеся в течение длительного времени эволюции. В них постоянно идет процесс адаптации биоценоза к изменяющимся условиям существования, в т. ч. и к изменению состава примесей. Состояние равновесия может быть нарушено по многим причинам, но особенно в результате сброса сточных вод. Отклонение экосистемы от равновесного состояния, вызванное сбросом сточных вод, может привести к отравлению и гибели определенных популяций гидробионтов, угнетению всего биоценоза. Отклонение от равновесия

отрицательно сказывается на процессах самоочищения, приводящих водоем в оптимальное (равновесное) для него состояние. Важнейшие из них: осаждение грубодисперсных и коагуляция коллоидных примесей; окисление (минерализация) органических примесей; окисление минеральных примесей кислородом; нейтрализация кислот и оснований; гидролиз ионов тяжелых металлов, приводящий к образованию их малорастворимых гидроокисей и выделению их из воды. Санитарные и гигиенические требования к количественному составу сточных вод с почв наружной очистки сельскохозяйственной техники приведены в табл. 2.6–2.7.

Таблица 2.6

Санитарные требования к качественному составу сточных вод с постов наружной мойки сельскохозяйственных машин

Показатели качества воды	Санитарные требования		
	к воде водоемов	к сточным водам, сбрасываемым в канализацию	к сточным водам, используемым для оборотного водоснабжения
Взвешенные вещества, мг/л	4–10	500	70
Нефтепродукты, г/л	0,05; 0,10; 0,30 (в зависимости от назначения водоема)	25	20
Тетраэтил-свинец, мг/л	–	–	0,0001
Ядохимикаты, мг/л	0,002; 0,500	–	–
Поверхностно-активные вещества, мг/л	Анионоактивные – 0,05; 0,50; неионогенные – 0,05; 0,11	20 20	Не нормируются Не нормируются
Реакция воды, рН	6,5–8,5	6,5–8,5	7,1–8,5

Гигиенические требования качества очистки сточных вод
(критерий для закрытых систем технического водоснабжения)

Показатели	Допустимые уровни
Взвешенные вещества, мг/л	3,0
БПК ₅ , мг/л	5,0
ХПК, мг/л	50,0
Коли-индекс	1000

Примечание: БПК, ХПК – биохимическое и химическое потребление кислорода.

Процессы самоочищения зависят и от температуры воды, состава примесей, концентрации кислорода, ее рН, концентрации вредных примесей, затрудняющих протекание процессов самоочищения водоемов или препятствующих им. Особенно значим в процессах самоочищения кислородный режим водоемов. Расход кислорода на минерализацию органических веществ определяется через биохимическое потребление кислорода (БПК), которое выражается количеством O_2 , использованного в биохимических (при помощи бактерий) процессах окисления органических веществ за определенное время инкубации пробы. Пользуются или пятисуточной (БПК₅), или полной (БПК_п) биохимической потребностью кислорода. При большом сбросе органических веществ наступает дефицит кислорода, дестабилизируется биоценоз, развивается анаэробная (бескислородная) минерализация органических веществ, что вызывает значительное ухудшение качества воды. Для сохранения самоочищающей способности воды необходимо более чем 10-кратное разбавление стоков чистой водой. Согласно расчетам, на обеззараживание сточных вод в настоящее время расходуется $1/7$ часть мировых ресурсов речного стока. Если сброс сточных вод будет возрастать, то в ближайшее десятилетие для этой цели потребуется расходовать все мировые ресурсы речного стока.

Нарушение и даже разрушение биоценоза в водоеме возможно при значительном сбросе в него органических веществ, не относящихся к вредным или ядовитым веществам. Столь же тяжелые экологические последствия наступают в водоеме при сбросе в него веществ, необходимых для существования живых организмов: соединения (соли) фосфата, азота, калия, кальция, серы, магния. Биогены в увеличиваю-

щихся объемах поступают в гидросферу из всех названных источников, но особенно из стоков сельскохозяйственного производства.

Попадая в водоемы и водостоки, биогены вызывают бурный рост фитопланктона – множества видов водорослей, представляющих собой отдельные клетки. Вместе с частицами почвы, выносимыми в водоемы из-за эрозии почв, фитопланктон препятствует прохождению солнечного света в толщу воды, вследствие чего нарушаются процессы фотосинтеза водных растений, погруженных в воду. В результате резко уменьшается поступление кислорода, производимого растениями при фотосинтезе: рыбы и другие обитатели водоемов задыхаются и гибнут. Вещество этих частиц не отнесено к разряду химически вредных, но они уменьшают прохождение света в толщу воды, засоряют жабры и пищедобывающие органы, обволакивают икринки рыб и других водных организмов. Какие из перечисленных источников загрязнения гидросферы наиболее опасны в этом отношении, определяется соотношением населенных пунктов и сельскохозяйственных предприятий.

Сельскохозяйственные стоки не только вызывают эвтрофикацию и обеднение воды кислородом, но и создают угрозу инфекционных заболеваний. Люди и животные, зараженные болезнетворными бактериями, вирусами и другими паразитами, могут выделять в стоки большое количество таких патогенов или их яиц. Именно по этой причине случались опустошительные эпидемии холеры, брюшного тифа.

Особую опасность для гидросферы несут агрохимикаты, загрязняющие как грунтовые воды, так и водоемы. Агрохимикаты опасны в связи с их способностью накапливаться в организмах (биоаккумуляция) и с возможностью биоконцентрирования.

3. МЕТОДИКИ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

3.1. Методы оценки риска повреждения здоровья работающих

Определение риска повреждения здоровья работающих с позиции охраны труда может быть основано на экспертной оценке, достоверность которой зависит от правильности оценки различных факторов. Выделяют количественные и качественные методы оценки. Качественная оценка риска используется для выявления и идентификации существующих причин и видов рисков, а количественные – для оценки частоты (вероятности) определенных последствий в результате реализации этих рисков.

Методики, касающиеся безопасности труда, можно сгруппировать в зависимости от направленности и формы обрабатываемого материала следующим образом:

- аттестация рабочих мест по условиям труда в целом и инструментальные измерения физических и химических факторов производственной среды в частности;
- оценка травмобезопасности рабочих мест;
- периодические медицинские осмотры;
- получение статистической информации о травматизме и заболеваемости;
- экспертные методы оценки условий труда.

Аттестация рабочих мест по условиям труда в целом и оценка травмобезопасности в частности не имеют ничего общего с оценкой риска. Во-первых, риск не может быть выражен количественно. Во-вторых, при аттестации рабочих мест по условиям труда руководствуются концепцией абсолютной безопасности, что практически нереально, тогда как мировой опыт показывает, что более эффективно выстраивать системы обеспечения безопасности производственных процессов на основе концепции приемлемого риска.

Что же касается результатов исследований мониторинга состояния здоровья работников, периодических медицинских осмотров, то их направленность и значение для оценки профессионального риска подробно изучено.

Достаточно широко в настоящее время используются методики статистической оценки травматизма, в основу которых положено определение коэффициентов частоты и тяжести несчастных случаев на производстве. Однако применение таких методик требует дополнения априорными методами, т. к. сами по себе коэффициенты частоты и тяжести несчастных случаев не используются как показатели риска. Рассчитать показатель риска, носящий прогностический характер, можно по следующей формуле:

$$P(n) = \frac{\left(\frac{K_f}{1000} Ntb \right)^n}{n} \exp\left(-\frac{K_f}{1000} Ntb \right), \quad (3.1)$$

где $P(n)$ – вероятность n -го количества несчастных случаев на производстве, $n = 0, 1, 2, \dots, i$;

N – среднечисленная численность работников в рассматриваемом периоде;

t – продолжительность работы, лет;

b – повышающий коэффициент (используется, когда имеются основания, что данные о несчастных случаях занижены), $1 \leq b \leq 5$;

K_f – коэффициент частоты несчастных случаев на производстве с тяжелым исходом.

При подстановке в формулу (3.1) вместо K_f коэффициента несчастных случаев со смертельным исходом рассчитывается вероятность гибели работника в течение года. Если же приравнять N , t и b к единице, то, пользуясь выражением (3.1), можно вычислить и вероятность безопасной работы $P(0)$ для одного человека в стационарных условиях в течение года:

$$P(0) = \exp\left(-\frac{K_{fc}}{1000} Ntb \right). \quad (3.2)$$

Основной недостаток методики статистических контрольных карт Шухарта заключается в апостериорном характере оценки профессионального риска. Достоверно может быть проведена

оценка несчастных случаев со смертельным исходом, т. к. не учесть такое событие, как смерть на рабочем месте, аморально.

Сущность метода оценки рисков на основе матрицы «вероятность–ущерб» состоит в том, что эксперт для каждой ситуации определяет ранг вероятности ее наступления и соответствующий этой ситуации потенциальный ущерб. Недостатком этого метода является субъективность, исключить которую возможно при использовании метода вербальных функций: каждому количественному значению вероятности наступления события ставится в соответствие вербальное описание определенной ситуации.

Также для практических целей используются методы оценки рисков на основе сравнения степени выполнения требований безопасности, когда предполагается, что реализация всех установленных требований безопасности обеспечивает отсутствие рисков на рабочем месте. Приведенное предположение в большей степени ошибочно, поскольку риск, связанный с производственной деятельностью, не может быть устранен полностью без прекращения деятельности самого объекта.

Широко используются исследователями и экспертные методы оценки профессионального риска, которые предлагается объединить в три группы:

- по степени выполнения требований безопасности (система Элмера; метод оценки рисков на основе ранжирования уровня требований (индекс ОВР); методика «Пять шагов оценки риска» и др.);

- по показателю качества изделия (системы) [59];

- по показателю риска (метод Файна и Кинни [60–62], методика «Норвежская Истина» (DNV) [61]; методика «Анализ причин», метод FMEA; метод «Вероятность события–последствия события» и др.

При использовании методики Файна–Кинни (табл. 3.1) полученные значения уровней риска ранжируются (табл. 3.2). Недостаток рассматриваемой методики в том, что она не позволяет проводить проверку заранее предусмотренных параметров производственной среды. Для проведения исследований может применяться и разновидность методики Файна–Кинни. Расчет согласно методике DNV выполняется путем произведения балльных оценок вероятности события и тяжести его последствий, определяемых по табл. 3.1–3.4.

Таблица 3.1

Исходные данные для расчета по методу Файна–Кинни

Баллы	Вероятность возникновения угрозы	Баллы	Подверженность работника воздействию вредного фактора на рабочем месте	Баллы	Последствие
10	Это случится	10	Постоянная	100	Катастрофа, много жертв
6	Очень вероятно	6	Регулярная (ежедневно)	40	Авария, несколько жертв
3	Необычно, но возможно	3	Время от времени (еженедельно)	15	Очень тяжелые, 1 человек погиб сразу или через какое-либо (длительное) время
1	Невероятно	2	Иногда (ежемесячно)	7	Тяжелые, инвалидность
0,5	Можно себе представить, но невероятно	1	Редко (ежегодно)	6	Серьезные травмы и выход на работу
0,2	Почти невозможно	0,5	Очень редко	0,5	Минимальные, оказание первой помощи
0,1	Почти невозможно	0	Никогда	–	–
0	Абсолютно невозможно	–	–	–	–

Таблица 3.2

Ранжирование уровня риска по методу Файна–Кинни

Уровень риска R	Уровень проблемы	Необходимые меры
< 400	Крайне высокий	Немедленное прекращение деятельности
200–400	Высокий риск	Немедленные усовершенствования

Окончание таблицы 3.2

Уровень риска <i>R</i>	Уровень проблемы	Необходимые меры
70–199	Серьезный риск	Усовершенствования
20–69	Возможный риск	Уделение внимание
0–19	Небольшой риск	Нет необходимости, риск предположительно приемлем

Таблица 3.3

Последствия сбоя системы или оборудования

Категория	Степень	Описание
I	Маловажная	Функциональный сбой в машине или процессе – нет потенциальной опасности
II	Значительная	Сбой может угрожать функционированию машины или процесса
III	Очень важная	Большие сбои в машине или процессе, которые создают угрозу (травмы и др.)
IV	Катастрофическая	Сбой угрожает жизни человека

Таблица 3.4

Степень вероятности сбоя системы или оборудования

Обозначение степени вероятности сбоя системы или оборудования	Показатель степени вероятности	Характеристика	Режим появления отдельных сбоев
<i>A</i>	10^{-1}	Широко распространен	Появляются очень часто или непрерывно
<i>B</i>	10^{-2}	Имеет случайный характер	Возможны через какой-либо интервал времени
<i>C</i>	10^{-3}	Время от времени	Возможны несколько раз в ходе процесса

Обозначение степени вероятности сбоя системы или оборудования	Показатель степени вероятности	Характеристика	Режим появления отдельных сбоев
<i>D</i>	10^{-4}	Малозначительный	Иногда появляются, но незначительные
<i>E</i>	10^{-5}	Практически невозможен	Сбои очень редкие, незначительные, на них не обращают внимание

Широкое распространение в европейских государствах получила методика «Пять шагов оценки риска», в основе которой лежит алгоритм управления рисками, связанными с профессиональной деятельностью работников. Данная методика достаточно информативна и позволяет планировать мероприятия по улучшению условий труда.

Используются на практике и другие методы оценки уровней воздействия факторов производственной среды на здоровье работающих. Это такие аналитические методы, как «Предварительный анализ опасностей» (PHA), «Исследование опасности и работоспособности» (HAZOP), «Анализ “дерева” ошибок» (FTA), «Анализ причин, последствий и опасности возможных ошибок» (FMEA), «Анализ “дерева” событий» (ETA), «Анализ сценариев», «Анализ схемы “галстук-бабочка”», «Байесова статистика и сети Байеса», «Оценка надежности оператора» (оценка человеческого фактора) (HRA) и др.

Каждый из этих методов также имеет свои особенности. Так, эффективность метода HAZOP, позволяющего определять опасность и необходимость коррекции производственного процесса, в большой степени зависит от компетенции экспертов. Метод FMEA способствует выявлению сбоя системы или оборудования. Последствия сбоя определяются исходя из категорий и степени вероятности (табл. 3.3–3.4).

Методы FTA и ETA используются для выяснения логических связей какого-либо нежелательного события или ошибки. В международной практике для оценки риска также используются смешанные и модифицированные методы (метод DEFI, метод MOSAR, метод Markova, PNA-5, Assessor, Auditwork, SIL, техника DELPHI, симуляция Monte-Carlo), различные компьютерные программы, многочисленные стандарты (ISO 14001, ISO 9001, OHSAS 18001, СТБ 18001–2009 и др.).

Аналитический обзор методик и методов оценки риска повреждения здоровья работающих свидетельствует, что каждому методу присущи свои преимущества и недостатки. Кроме того, на данный момент отсутствует методика, позволяющая оценивать производственный риск работников с учетом изменения состояния производственной среды – важнейшего показателя для организации и управления безопасностью труда при выполнении технологических процессов производства сельскохозяйственной продукции.

3.2. Методика оценки вероятности возникновения опасной производственной ситуации

Как любые факторы производственной обстановки, так и любые целесообразные действия персонала в трудовом процессе становятся опасными для работника только в определенной взаимосвязи в рамках опасной производственной ситуации. Функционирование уборочно-транспортного процесса кормоуборки, например, с позиции теории вероятностей можно рассматривать как последовательность наступающих поочередно одно за другим в случайные моменты времени таких событий (технологических операций), как скашивание растительной массы, ее измельчение с одновременной погрузкой в транспортное средство и отвозкой массы к месту хранения, т. е. как поток событий и отказов, возникающих в процессе выполнения технологических операций в течение рабочего дня по причинам «оператор», «комбайн», «транспорт», «среда».

Рассматриваемый поток событий – простейший (обладает основными свойствами: стационарностью, отсутствием последствия

и ординарностью). Свойство стационарности для этого потока событий с определенной долей приближения можно считать приемлемым; появление такого события, как отказ, не зависит от того, какие отказы возникали раньше или возникнут в будущем, а также от их количества; появление одновременно двух и более событий – отказов кормоуборочного комбайна – практически невозможно. Поток событий отказов относится к простейшему и в том случае, когда суммарный поток состоит из большого числа независимых между собой стационарных потоков, каждый из которых мало влияет на действия суммарного. В качестве отдельно взятых потоков событий могут служить потоки отказов, классифицируемые по признаку их принадлежности не только к «комбайну», но и к «оператору», «среде», «транспорту», появляющиеся независимо друг от друга. Таким образом, представляя уборочно-транспортный процесс кормоуборки как функционирование технологической системы «оператор–комбайн–среда–транспорт», состояния которой изменяются под воздействием простейшего потока событий, можно считать эту систему «марковским процессом». Такой процесс иллюстрирует теория графов состояния, согласно которой обозначается состояние всей рассматриваемой системы (рис. 3.1–3.2).

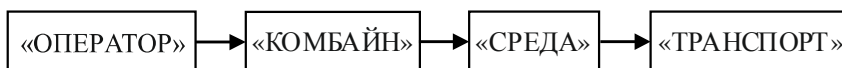


Рис. 3.1. Компоненты уборочно-транспортного процесса кормоуборки

В рассматриваемом подходе построения графа состояний (рис. 3.2) технологической системы уборки кормовых культур используются следующие обозначения: P – вероятность безотказной работы системы; p_o , p_t , $p_{тр}$, p_c – вероятности неработоспособного состояния системы по причинам отказа ее компонент – «оператор», «комбайн», «транспорт», «среда» соответственно; λ_o , λ_t , $\lambda_{тр}$, λ_c – параметр потока отказов системы по причинам «оператор», «комбайн», «транспорт», «среда» соответственно; μ_o , μ_t , $\mu_{тр}$, μ_c – параметр потока восстановления компонент системы.

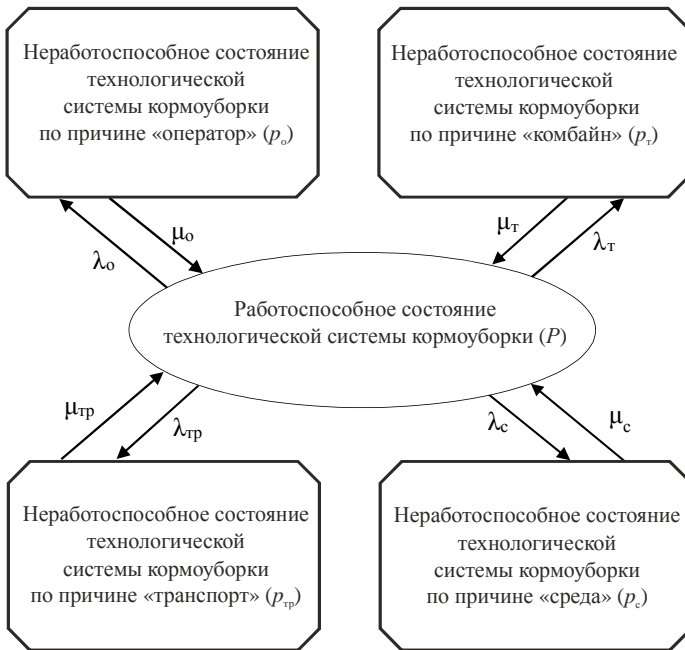


Рис. 3.2. Граф состояний системы «оператор–комбайн–среда–транспорт» на уборке кормовых культур

При рассмотрении системы «человек–машина» с транспортным обслуживанием работники, участвующие в процессе (комбайнер, водитель транспортного средства), объединены в один элемент – «оператор». «Оператор» может рассматриваться как самостоятельная функционирующая подсистема со своими составляющими:

$$P_o = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_o^T}{\mu_o^T} + \frac{\lambda_o^{Тр}}{\mu_o^{Тр}}} \text{ или } P_o = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_{oi}}{\mu_{oi}}}, \quad (3.3)$$

где P_o – надежность функционирования компоненты «оператор»;

$\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_{oi}}{\mu_{oi}}$ – суммарная приведенная плотность потока отказов всех операторов технических средств, участвующих в процессе.

операторов технических средств, участвующих в процессе.

Более полную оценку уровня безопасности труда (травмирования операторов технических средств) при эксплуатации кормоуборочных комбайнов можно получить, если рассматривать такие компоненты исследуемого процесса, как «оператор», «комбайн», «среда», «транспорт», во взаимосвязи, в которой должны быть отражены, с одной стороны, уровень профессиональной подготовки оператора, с другой – показатели эксплуатационной надежности технических средств. Тогда вероятность безопасной эксплуатации системы «человек–машина» $P_{\text{чм}}$ можно рассчитать, используя следующее выражение:

$$P_{\text{чм}} = 1 - P_{\text{отк}}, \quad (3.4)$$

где $P_{\text{отк}} = \frac{K_{\text{ч}}}{1000}$ – вероятность отказа системы «человек–машина».

Если воспользоваться положениями теории вероятностей относительно оценок случайных событий, каковыми являются факты травмирования, то вероятность отказа функционирования системы «человек–машина» $P_{\text{отк}}$ при независимом и зависимом виде связи между составляющими ее элементами соответственно:

$$P_{\text{отк}} = p_o p_T; \quad (3.5)$$

$$P_{\text{отк}} = p_o + p_T - p_o p_T, \quad (3.6)$$

где p_o – вероятность опасного действия оператора, приводящего к отказу кормоуборочного комбайна;

p_T – вероятность отказа кормоуборочного комбайна.

Немаловажное значение для оценки вероятности опасного действия оператора технического средства имеет состояние функционального напряжения организма в процессе работы, которое характеризуется воздействием на него эмоциогенных раздражителей, информационной перегрузкой q и развивается в результате появления отрицательных эмоций:

$$q = P\left(\sum_{i=1}^k A_i\right). \quad (3.7)$$

где $P(A_i)$ – вероятность опасного действия оператора.

При рассмотрении в целом технологического процесса уборки сельскохозяйственных культур наиболее значимым является непосредственное комбайнирование (работоспособность и эксплуатационная безопасность уборочной техники). Но рассматриваемая технологическая система переходит в неработоспособное состояние и при отказе компоненты «транспорт», поэтому решить задачу повышения безопасности ее функционирования с учетом снижения простоев кормоуборочных комбайнов возможно за счет оптимальной организации использования транспортных средств. Для моделирования такого процесса следует применить математический аппарат теории массового обслуживания. Например, парк комплекса для уборки кормовых культур состоит из m комбайнов. Загрузку и отвоз убранный растительной массы от комбайнов обеспечивается S единицами транспорта. Часть транспортных средств, обслуживающих комплекс комбайнов, простаивает, когда количество поступивших отказов комбайнов k больше числа единиц транспорта. Для этого случая следует рассмотреть вариант транспортного обслуживания кормоуборочных комплексов, включающих три и более комбайнов с совместной организацией работы транспортных средств, способствующей увеличению интенсивности μ обслуживания. Функция $\mu(S)$, представляющая собой суммарную интенсивность транспортного обслуживания комбайнов, является неубывающей и при определенных значениях S достигает своего максимального постоянного уровня. Поскольку на практике число транспортных средств, обслуживающих кормоуборочные комплексы, ограничено ($S_{\max} = 3$), можно предположить, что в этих пределах интенсивность суммарного потока обслуживаний пропорциональна числу транспортных средств, т. е. $\mu(S) = \mu S$. Граф состояний системы транспортного обслуживания кормоуборочных комбайнов приведен на рис. 3.3. Рассмотрим подробно все возможные состояния системы обслуживания и их вероятности.

В состоянии X_0 все комбайны работают, отказавших комбайнов нет. Все единицы транспорта задействованы и обслуживают комбайны. Это состояние достигается, если происходит одно из событий:

A – в момент времени t система транспортного обслуживания комбайнов находилась в состоянии X_0 , и за время Δt ни у одного из m кормоуборочных комбайнов не было отказа;

B – в момент времени t система находилась в состоянии X_1 : от одного комбайна поступил отказ, и он не загружал растительной массой транспорт, т. е. простаивал; за время Δt отказ комбайна был устранен и система пришла в состояние X_0 .

По теореме сложения вероятностей находится вероятность того, что в системе транспортного обслуживания комбайнов в момент времени $(t + \Delta t)$ не будет ни одного требования:

$$P_0(t + \Delta t) = P(A) + P(B) + O(\Delta t), \quad (3.8)$$

где $O(\Delta t)$ – бесконечно малая величина высшего порядка по сравнению с Δt .

Вероятность того, что в момент времени t система находилась в состоянии X_0 , равна $P_0(t)$. Вероятность того, что за время Δt не было отказа ни от одного из m кормоуборочных комбайнов, равна $e^{-\lambda m \Delta t} = 1 - \lambda m \Delta t + O(\Delta t)$. Тогда по теореме умножения вероятностей

$$P(A) = P_0(t)[1 - \lambda m \Delta t + O(\Delta t)]. \quad (3.9)$$

Так как вероятность того, что в момент времени t система находилась в состоянии X_1 , равна $P_1(t)$, а вероятность того, что за время Δt комбайн загружал растительную массу в транспортное средство, равна $1 - e^{-s \mu \Delta t} = s \mu \Delta t + O(\Delta t)$, тогда

$$P(B) = P_1(t)[s \mu \Delta t + O(\Delta t)]. \quad (3.10)$$

Подставив выражения (3.9), (3.10) в уравнение (3.8), получим:

$$P(B) = P_1(t)[s \mu \Delta t + O(\Delta t)];$$

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t)[1 - \lambda m \Delta t + O(\Delta t)] + P_1(t)[s \mu \Delta t + O(\Delta t)]. \quad (3.11)$$

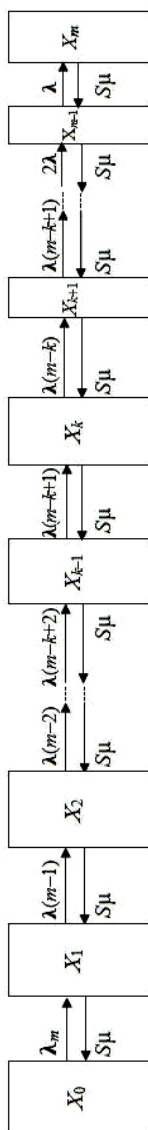


Рис. 3.3. Граф состояний системы транспортного обслуживания кормоуборочных комбайнов:
 X_0 – состояние технологической системы кормоуборки, при котором все m комбайнов работают;
 $X_1, X_2, X_{k-1}, X_k, X_{k+1}, X_{m-1}, X_m$ – состояния системы, когда имеют место отказы комбайнов;
 S – транспортные средства для обслуживания комбайнов; k – отказавшие комбайны

Преобразовать уравнение (3.9):

$$\frac{P_0(t + \Delta t) - P_0(t)}{\Delta t} = -\lambda m P_0(t) + s \mu P_1(t) + O(\Delta t).$$

После перехода к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$ получено обыкновенное линейное дифференциальное уравнение относительно $P_0(t)$:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda m P_0(t) + s \mu P_1(t). \quad (3.12)$$

В пределе при $t \rightarrow \infty$ получено алгебраическое уравнение

$$-\lambda m P_0 + s \mu P_1 = 0. \quad (3.13)$$

В состоянии X_k от k комбайнов поступили отказы ($1 \leq k < m$), за время Δt не загружалось растительной массой ни одно из транспортных средств ($m - k$) и не были устранены отказы ни одного из k кормоуборочных комбайнов;

C – в момент времени t система находилась в состоянии X_k , за время Δt не загружалось растительной массой ни одно из транспортных средств ($m - k$) и не были устранены отказы ни одного из k кормоуборочных комбайнов;

D – в момент времени t система находилась в состоянии X_{k-1} , за время Δt от одного из ($m - k + 1$) комбайнов поступил отказ и не один из ($k - 1$) комбайнов не был восстановлен;

E – в момент времени t система находилась в состоянии X_{k-1} , за время Δt не поступило отказа ни от одного из ($m - k - 1$) комбайнов, а у одного из ($k + 1$) комбайнов отказы были устранены. Тогда

$$P_k(t + \Delta t) = P(C) + P(D) + P(E) + O(\Delta t). \quad (3.14)$$

Поскольку вероятность того, что в момент времени t система находится в состоянии X_k , равна $P_k(t)$, вероятность того, что за время Δt не поступило отказа ни от одного из ($m - k$) кормоуборочных комбайнов, равна $[1 - \lambda(m - k)\Delta t + O(\Delta t)]$, а вероятность того, что

за время Δt не устранены отказы ни у одного из k комбайнов, равна $[1 - s\mu\Delta t + O(\Delta t)]$, то по теореме умножения вероятностей

$$P(C) = P_k(t)[1 - \lambda(m - k)\Delta t + O(\Delta t)][1 - s\mu\Delta t + O(\Delta t)].$$

После преобразования получено выражение

$$P(C) = P_k(t)\{1 - [\lambda(m - k) + s\mu]\Delta t + O(\Delta t)\}; \quad (3.15)$$

$$1 \leq k < m.$$

Вероятность того, что в момент времени t система транспортного обслуживания комбайнов находилась в состоянии X_{k-1} , равна $P_{k-1}(t)$. Вероятность того, что за время Δt поступил отказ от одного из $(m - k + 1)$ комбайнов, равна $[\lambda(m - k + 1)\Delta t + O(\Delta t)]$. Вероятность того, что ни один из $(k - 1)$ отказавших кормоуборочных комбайнов не обслуживался транспортным средством за время Δt , равна $[1 - s\mu\Delta t + O(\Delta t)]$. Тогда

$$P(D) = P_{k-1}(t)[\lambda(m - k + 1)\Delta t + O(\Delta t)][1 - s\mu\Delta t + O(\Delta t)]$$

или

$$(3.16)$$

$$P(D) = P_{k-1}(t)[\lambda(m - k + 1)\Delta t + O(\Delta t)];$$

$$1 \leq k < m.$$

Так как вероятность того, что рассматриваемая система транспортного обслуживания комбайна в момент времени t находилась в состоянии X_{k+1} , равна $P_{k+1}(t)$, а вероятность того, что за время Δt ни у одного из $(m - k - 1)$ комбайнов не было отказа:

$$[1 - \lambda(m - k - 1)\Delta t + O(\Delta t)],$$

$$\text{то } P(E) = P_{k+1}(t)[s\mu\Delta t + O(\Delta t)][1 - \lambda(m - k - 1)\Delta t + O(\Delta t)].$$

После преобразования получено выражение

$$P(E) = P_{k+1}(t)[s\mu\Delta t + O(\Delta t)]; \quad (3.17)$$

$$1 \leq k < m.$$

Таким образом, после подстановки формул (3.15–3.17) в уравнение (3.14)

$$\begin{aligned} P_k(t + \Delta t) = & P_k(t)\{1 - \lambda(m - k) + s\mu\}\Delta t + O(\Delta t) + \\ & + P_{k+1}(t)[\lambda(m - k - 1)\Delta t + O(\Delta t)] + \\ & + P_{k+1}(t)[s\mu\Delta t + O(\Delta t)] \quad (1 \leq k < m). \end{aligned} \quad (3.18)$$

После преобразования выражения (3.18) получено:

$$\begin{aligned} \frac{P_0(t + \Delta t) - P_k(t)}{\Delta t} = & -[\lambda(m - k) + s\mu]P_k(t) + \lambda(m - k + 1)P_{k+1}(t) + s\mu P_{k+1}(t); \\ & 1 \leq k < m. \end{aligned}$$

В стационарном состоянии

$$\begin{aligned} \lambda(m - k + 1)P_{k+1} - [\lambda(m - k) + s\mu]P_k + s\mu P_{k+1} = & 0; \\ & 1 \leq k < m. \end{aligned} \quad (3.19)$$

Состояние X_m , когда все кормоуборочные комбайны не обслуживаются транспортными средствами ($k = m$), достигается, если происходит одно из событий:

F – в момент времени t от всех m комбайнов поступили отказы, и ни одно из S транспортных средств не загружалось за время Δt ;

G – в момент времени t система транспортного обслуживания комбайнов находилась в состоянии X_{m-1} , за время Δt от последнего работающего кормоуборочного комбайна поступил отказ и ни одно из S транспортных средств не было загружено.

Тогда

$$P_m(t + \Delta t) = P(F) + P(G) + O(\Delta t). \quad (3.20)$$

Поскольку вероятность того, что в момент времени t рассматриваемая система находилась в состоянии X_m , равна $P_m(t)$, а вероятность того, что за время Δt ни одно из транспортных средств не было загружено, равна $[1 - s\mu\Delta t + O(\Delta t)]$, то

$$P(F) = P_m(t)[1 - s\mu\Delta t + O(\Delta t)]. \quad (3.21)$$

Вероятность того, что в момент времени t система транспортного обслуживания комбайнов находилась в состоянии X_{m-1} , равна $P_{m-1}(t)$, вероятность того, что за время Δt от последнего кормоуборочного комбайна поступил отказ, равна $[\lambda\Delta t + O(\Delta t)]$, вероятность того, что за время Δt ни одно из S транспортных средств не загружалось, $[1 - s\mu\Delta t + O(\Delta t)]$, тогда

$$\begin{aligned} P(G) &= P_{m-1}(t)[\lambda\Delta t + O(\Delta t)][1 - s\mu\Delta t + O(\Delta t)] = \\ &= P_{m-1}(t)[\lambda\Delta t + O(\Delta t)]. \end{aligned} \quad (3.22)$$

После подстановки зависимостей (3.21), (3.22) в уравнение (3.20) получено:

$$\begin{aligned} P_m(t + \Delta t) &= P_m(t)[1 - s\mu\Delta t + O(\Delta t)] + P_{m-1}(t)[\lambda\Delta t + O(\Delta t)] = \\ &= P_m(t) - P_m(t)[s\mu\Delta t + O(\Delta t)] + P_{m-1}(t)[\lambda\Delta t + O(\Delta t)]. \end{aligned} \quad (3.23)$$

После преобразования выражения (3.23) получено:

$$\frac{P_m(t + \Delta t) - P_m(t)}{\Delta t} = \lambda P_{m-1}(t) - s\mu P_m(t) + O(\Delta t).$$

В стационарном состоянии

$$\lambda P_{m-1} - s\mu P_m = 0. \quad (3.24)$$

Полученные зависимости (3.13), (3.19), (3.24) составляют систему алгебраических уравнений, решение которой позволяет определить вероятности P_k наличия в системе транспортного обслуживания k комбайнов (при работе транспорта с взаимодействием) для стационарного состояния:

$$\begin{cases} -\lambda m P_0 + s\mu P_1 = 0; \\ (m - k + 1)P_{k-1} - [(m - k) + s\mu]P_k + s\mu P_{k+1} = 0; \\ 1 \leq k < m; \\ \lambda m P_{m-1} - s\mu P_m. \end{cases} \quad (3.25)$$

Из первого уравнения системы (3.25) найдено:

$$P_1 = m \frac{\lambda}{s\mu} P_0. \quad (3.26)$$

Второе уравнение системы (3.25) решается при $k = 1$ относительно P_2 :

$$\lambda m P_0 - \lambda(m-1)P_1 - s\mu P_1 + s\mu P_2 = 0. \quad (3.27)$$

После подстановки в зависимость (3.25) значения P_1 из (3.26) получено:

$$\lambda m P_0 - \lambda(m-1)m \frac{\lambda}{s\mu} P_0 - s\mu m \frac{\lambda}{s\mu} P_0 + s\mu P_2 = 0.$$

После преобразования

$$-\lambda(m-1)m \frac{\lambda}{s\mu} P_0 + s\mu P_2 = 0.$$

Отсюда

$$P_2 m(m-1) \left(\frac{\lambda}{s\mu} \right)^2 P_0. \quad (3.28)$$

Второе уравнение системы (3.25) при $k = 2$ относительно P_3 :

$$\lambda(m-1)P_1 - [\lambda(m-2) + s\mu]P_2 + s\mu P_3 = 0. \quad (3.29)$$

После подстановки в выражение (3.29) значений P_1 из (3.26) и P_2 из (3.28) получено:

$$\lambda(m-1)m \frac{\lambda}{s\mu} P_0 - \lambda(m-2)m(m-1) \left(\frac{\lambda}{s\mu} \right)^2 P_0 - \\ - s\mu m(m-1) \left(\frac{\lambda}{s\mu} \right)^2 P_0 + s\mu P_3 = 0,$$

или в конечном виде:

$$\lambda(m-2)m(m-1) \left(\frac{\lambda}{s\mu} \right)^2 P_0 + s\mu P_3 = 0. \quad (3.30)$$

Отсюда

$$P_3 = m(m-1) \left(\frac{\lambda}{s\mu} \right)^3 P_0.$$

Таким образом, из выражений (3.26), (3.28), (3.30) видно, что вероятность наличия в системе транспортного обслуживания k отказавших кормоуборочных комбайнов

$$P_k = m(m-1)\dots(m-k+1) \left(\frac{\lambda}{s\mu} \right)^k P_0 = \frac{m! \left(\frac{\rho}{s} \right)^k}{(m-k)!} P_0; \quad (3.31) \\ 1 \leq k \leq m.$$

На основании зависимости (3.31) и нормирующего условия

$$\sum_{k=0}^m P_k = 1 \quad (3.32)$$

получены основные расчетные уравнения функционирования транспортного обслуживания кормоуборочных комбайнов:

– вероятность P_0 того, что система транспортного обслуживания комбайнов свободна, определяется из выражения

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^m \frac{m! \left(\frac{\rho}{s}\right)^k}{(m-k)!} \right]^{-1}, \quad (3.33)$$

– среднее число комбайнов m_2 , обслуживаемых транспортом и ожидающих выгрузку растительной массы в транспортное средство:

$$m_2 = \frac{\sum_{k=0}^m \frac{km! \left(\frac{\rho}{s}\right)^k}{(m-k)!}}{\sum_{k=0}^m \frac{m! \left(\frac{\rho}{s}\right)^k}{(m-k)!}}. \quad (3.34)$$

Полученные выражения (3.33) и (3.34) позволяют спрогнозировать безотказное и безопасное транспортное обеспечение кормоуборки.

3.3. Методика определения функционального состояния компонент системы «человек–машина» на техносферную безопасность сельскохозяйственного производства

Для исследования вероятности безопасного функционирования технологической системы производства сельскохозяйственной продукции на примере кормоуборки принимается во внимание, что каждая отдельно взятая ее компонента выполняет свои функции и при отказе вся система переходит в неработоспособное состояние. Учитывая это, следует воспользоваться аналитическими зависимостями, полученными согласно графу состояний (рис. 3.2) системы «оператор–комбайн–среда–транспорт»:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP}{dt} = -\lambda_o P + \mu_o p_o - \lambda_\tau P + \mu_\tau p_\tau - \lambda_{\text{тр}} P + \mu_{\text{тр}} p_{\text{тр}} - \lambda_c P + \mu_c p_c; \\ \frac{dp_o}{dt} = \lambda_o P - \mu_o p_o; \\ \frac{dp_\tau}{dt} = \lambda_\tau P - \mu_\tau p_\tau; \\ \frac{dp_{\text{тр}}}{dt} = \lambda_{\text{тр}} P - \mu_{\text{тр}} p_{\text{тр}}; \\ \frac{dp_c}{dt} = \lambda_c P - \mu_c p_c. \end{array} \right. \quad (3.35)$$

При стационарном режиме работы системы и нормировочном условии

$$P + p_o + p_\tau + p_{\text{тр}} + p_c = 1 \quad (3.36)$$

система имеет (3.35) следующие решения:

$$\left\{ \begin{array}{l} P = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_o}{\mu_o} + \frac{\lambda_\tau}{\mu_\tau} + \frac{\lambda_{\text{тр}}}{\mu_{\text{тр}}} + \frac{\lambda_c}{\mu_c}}; \\ p_o = \frac{\lambda_o}{\mu_o} P; \\ p_\tau = \frac{\lambda_\tau}{\mu_\tau} P; \\ p_{\text{тр}} = \frac{\lambda_{\text{тр}}}{\mu_{\text{тр}}} P; \\ p_c = \frac{\lambda_c}{\mu_c} P. \end{array} \right. \quad (3.37)$$

Если обозначить

$$\frac{\lambda_i}{\mu_i} = \rho_i, \quad (3.38)$$

где $i = \langle \text{о} \rangle, \langle \text{т} \rangle, \langle \text{с} \rangle, \langle \text{тр} \rangle$;

ρ_i – приведенная плотность потока отказов, то

$$P_i = \rho_i P_i. \quad (3.39)$$

Параметры λ_i, μ_i представляют собой параметр потока отказов и параметр потока их восстановления соответственно и определяются расчетным путем по данным хронометража рабочего дня комбайнера (водителя). Совокупность всех отказов по причинам «оператор» p_o , «комбайн» p_t , «окружающая среда» p_c и «транспорт» $p_{тр}$ с учетом вероятностей поступления и их взаимосвязи составляют модель отказов системы:

$$P_i = K_i + \sum_{ij=1}^4 (A_{ij} \rho_i), \quad (3.40)$$

где $j = 1, 2, 3, 4$;

K_i – константа уравнения, соответствующая причинам отказов функционирования технологической системы уборки кормовых культур;

$A_{i,j}$ – коэффициенты при независимых переменных, соответствующих указанным причинам;

ρ_i – приведенная плотность потока отказов по причинам «оператор», «комбайн», «среда», «транспорт».

Константа уравнения рассчитывается следующим образом:

$$K_i = \frac{t_p}{t_p + t_i}, \quad (3.41)$$

где t_i – время всех простоев по причинам «оператор», «комбайн», «среда», «транспорт»;

t_p – время простоев отдельно взятых компонент системы.

При независимых отказах их плотность для системы в целом Ψ_s будет определяться как сумма приведенных плотностей всех ее компонент:

$$\Psi_s = \sum_{i="o", "т"}^{"c", "тр"} \rho_i. \quad (3.42)$$

Учитывая условия независимости отказов компонент «оператор», «комбайн», «среда», «транспорт» и то, что их возникновение приводит к отказу всей системы, вероятность ее безотказной работы находится по формуле

$$P = P_o P_{\tau} P_c P_{\text{тр}}, \quad (3.43)$$

где $P_o, P_{\tau}, P_c, P_{\text{тр}}$ – вероятности безотказной работы соответствующих компонент системы. Выразив $P_o, P_{\tau}, P_c, P_{\text{тр}}$ через вероятности отказов p_i , можно записать:

$$P = (1 - p_o)(1 - p_{\tau})(1 - p_c)(1 - p_{\text{тр}}). \quad (3.44)$$

Так как

$$p_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i} P = \rho_i P,$$

то формула (3.44) примет вид:

$$P = \prod_{i="o", "т"}^{"c", "тр"} (1 - \rho_i P) = (1 - \rho_o P)(1 - \rho_{\tau} P)(1 - \rho_c P)(1 - \rho_{\text{тр}} P). \quad (3.45)$$

Преобразованное уравнение (3.45) будет выглядеть следующим образом:

$$\rho_o \rho_{\tau} \rho_c \rho_{\text{тр}} P^4 \sum_{i,j=1}^4 \rho_i \rho_j + P(1 + \sum_{i,j=1}^4 \rho_i) - 1 = 0. \quad (3.46)$$

После введения в уравнение (3.46) обозначений

$$a = \rho_o \rho_T \rho_c \rho_{TP}; \quad b = - \sum_{i,j="o","T"}^{c","TP"} \rho_i \rho_j; \quad c = 1 + \sum_{i,j="o","T"}^{c","TP"} \rho_i; \quad d = -1, \quad (3.47)$$

оно примет вид:

$$aP^3 + bP^2 + cP + d = 0. \quad (3.48)$$

Далее уравнение (3.48) следует почленно разделить на $a \neq 0$, ввести новую переменную

$$y = P + \frac{b}{3a} \quad (3.49)$$

и проделать соответствующие алгебраические преобразования:

$$y^3 + 3my + 2n = 0, \quad (3.50)$$

где

$$3m = \frac{3ac - b^2}{3a^2}; \quad 2n = \frac{2b^3}{27a^3} - \frac{bc}{3a^2} + \frac{d}{a}. \quad (3.51)$$

Число действительных корней уравнения зависит от знака дискриминанта:

$$D = n^2 + m^3. \quad (3.52)$$

Необходимо принять во внимание возможные варианты, когда $D > 0$, $D < 0$, $D = 0$, и проделать алгебраические преобразования:

$$\begin{aligned} P = & 1 - \rho_o - \rho_T - \rho_c - \rho_{TP} + \rho_o \rho_T + \rho_o \rho_{TP} + \\ & + \rho_o \rho_c + \rho_T \rho_{TP} + \rho_T \rho_c + \rho_c \rho_{TP} - \rho_o \rho_c \rho_{TP} - \\ & - \rho_o \rho_T \rho_{TP} - \rho_o \rho_T \rho_c - \rho_T \rho_c \rho_{TP} + \rho_o \rho_T \rho_c \rho_{TP}. \end{aligned} \quad (3.53)$$

В производственных условиях имеют место различные возможные случаи. Если $p_o = p_\tau = p_c = p_{\text{тр}} = p_1$ (вероятности отказов компонент технологической системы кормоуборки равны), тогда

$$P = (1 - p_1)^4. \quad (3.54)$$

Максимальная безопасность функционирования технологической системы кормоуборки будет равна 1 при $p_o = p_\tau = p_c = p_{\text{тр}} = 0$. Тогда с учетом формулы (3.54) вероятности отказов компонент системы находятся из следующего выражения:

$$p_o = p_\tau = p_c = p_{\text{тр}} = 1 - \sqrt[4]{P}. \quad (3.55)$$

Так как

$$P = \frac{1}{1 + \sum_{i="o", "\tau"} \rho_i},$$

то

$$p_o = p_\tau = p_c = p_{\text{тр}} = 1 - \frac{1}{\sqrt[4]{1 + \sum_{i="o", "\tau"} \rho_i}}. \quad (3.56)$$

Если $p_o = p_\tau \neq p_c \neq p_{\text{тр}}$. Тогда $P = (1 - p_o)^3 (1 - p_{\text{тр}})$.

Откуда

$$(1 - p_o)^3 = \frac{P}{1 - p_{\text{тр}}}.$$

Так как уравнение одно, а неизвестных величин две ($p_o = p_\tau = p_c$ и $p_{\text{тр}}$), то имеется множество решений (зависимые решения). То есть, задавая $p_{\text{тр}}$, получают значения $p_o = p_\tau = p_c$ по формуле

$$p_o = p_T = p_c = 1 - \frac{1}{\sqrt[4]{(1 - p_{\text{тр}}) \left(1 + \sum_{i="o", "тр"}^{"c", "тр"} \rho_i \right)}}. \quad (3.57)$$

При $p_o \neq p_T \neq p_c \neq p_{\text{тр}}$ получают уравнение (3.57), которое имеет множество решений.

При $p_o = p_T = p_{\text{тр}}$ и $p_c = 0$ безопасность функционирования технологической системы кормоуборки зависит от безопасности труда оператора, надежности функционирования комбайна и транспорта и не зависит от состояния окружающей среды. Вероятности отказов компонент «оператор», «комбайн», «транспорт» определяются из зависимости

$$p_o = p_T = p_{\text{тр}} = 1 - \frac{1}{\sqrt[4]{1 + \sum_{i="o", "тр"}^{"тр"} \rho_i}}. \quad (3.58)$$

Если $p_o = p_T = p_{\text{тр}} = 0$, то

$$p_c = 1 - \frac{1}{1 + \rho_c}. \quad (3.59)$$

В этом случае безотказное и безопасное функционирование технологической системы кормоуборки полностью зависит от факторов окружающей среды p_c .

При $p_o = 0$ и $p_T \neq p_c$ отказов по причине «оператор» нет. Этот вариант приближен к автоматизированному технологическому процессу без участия оператора:

$$p_T = 1 - \frac{1}{(1 - p_c) \sqrt[4]{1 + \sum_{i=\Gamma}^c \rho_i}}. \quad (3.60)$$

Случай при $p_{\Gamma} = p_{\text{ТР}} = 0$ и $p_c \neq 0$ возможен, когда по причинам «комбайн» и «транспорт» отказов не возникает:

$$p_o = 1 - \frac{1}{(1 - p_c) \sqrt{1 + \sum_{i=0}^c \rho_i}}. \quad (3.61)$$

Ситуация при $p_c = p_{\text{ТР}} = 0$ и $p_o \neq p_{\Gamma}$ возможна, когда окружающая среда не оказывает влияния на безопасность технологической системы, т. е. $P = (1 - p_o)(1 - p_{\Gamma})$. Тогда, зная p_{Γ} , можно вычислить p_o по формуле

$$p_o = 1 - \frac{1}{(1 - p_{\Gamma}) \sqrt{1 + \sum_{i=0}^{\Gamma} \rho_i}}. \quad (3.62)$$

В случае, если $p_c = p_{\Gamma} = p_{\text{ТР}}$ и $p_o \neq 0$, безопасность функционирования кормоуборки полностью зависит от человеческого фактора:

$$p_o = 1 - \frac{1}{1 + \rho_o}. \quad (3.63)$$

При $p_o = p_{\Gamma} = p_c = 0$ и $p_{\text{ТР}} \neq 0$ кормоуборка определяется техническим состоянием транспортного средства, обслуживающего комбайн:

$$p_{\text{ТР}} = 1 - \frac{1}{1 + \rho_{\text{ТР}}}. \quad (3.64)$$

3.4. Методика определения приспособленности технических средств для выполнения технологических процессов в условиях изменения состояния параметра производственной среды

Согласно предлагаемой методике на начальном этапе предусматривается отбор кандидатов в эксперты и их тестирование. Выбор тестов для оценки профессионально значимых качеств, необходи-

мым оператору МСХТ для определения ее приспособленности к технологическим регулировкам, устранению отказов технического средства, предполагает изучение таких его качеств, как технический интеллект, ответственность и эмоциональная устойчивость. При подборе тестов (табл. 3.5) необходимо учитывать и ряд требований, главными из которых являются валидность теста, его надежность и дифференцированность.

Таблица 3.5

Тесты для оценки профессионально значимых качеств оператора МСХТ

Профессионально значимые качества	Свойства	Мотивация значимости	Тесты
1. Технический интеллект	Уровень развития интеллекта	Необходимость понимания технологического процесса, устройства и принципа работы технических средств	Тест механической понятливости Беннета
2. Ответственность (надежность в работе)	Осознанность принятых решений, упорство в достижении цели	Ответственность за безопасность других людей и материальные ценности	Тест Кеттела
3. Эмоциональная устойчивость	Стабильность в поведении, эмоциях, реализм	Высокая напряженность труда	Тест Кеттела

Для выбора экспертов из числа операторов МСХТ, оценивающих приспособленность техники к технологическим регулировкам, устранению отказов техники, рекомендуется использовать знаковый статистический метод – непараметрический подход для анализа статистических данных (результатов тестирования предполагаемых

экспертов), когда закон распределения неизвестен и выводы основываются не на самих данных, а на знаках определенных функций от них.

Тестирование экспертов проводится в соответствии с подобранными тестами анонимно и на добровольной основе. Результаты тестирования приводятся к нормализованному виду:

$$X_{ij}^{и(н,э)} = \frac{B_{ij}^{и(н,э)}}{B_{maxij}^{и(н,э)}}, \quad (3.65)$$

где $X_{ij}^{и(н,э)}$ – нормализованная оценка по i -му тесту j -го эксперта;

$B_{ij}^{и(н,э)}$ – количество правильных ответов j -го испытуемого на вопросы по i -му тесту;

$B_{maxij}^{и(н,э)}$ – максимально возможное количество правильных ответов на вопросы теста ($B_{max}^и = 70$ для теста Беннета; $B_{max}^н = 12$ для тестов Кеттела).

Таким образом, в качестве экспертов должны выступать кандидаты, показавшие профессиональную компетентность.

При проведении экспертной оценки удобства, доступности и безопасности выполнения технологических регулировок и устранения отказов МСХТ все регулировки делятся на оперативные и установочные. К оперативным относятся технологические регулировки, выполнение которых не требует прерывания работы технического средства, и регулировки, выполняющиеся неоднократно в течение рабочей смены с прерыванием технологического процесса (остановкой машины, выключением рабочих органов и т. д.). Установочными считаются регулировки, выполнение которых производится не чаще одного раза в рабочую смену и требует прерывания технологического процесса.

Для сравнения удобства, доступности и безопасности выполнения технологических регулировок и устранения отказов МСХТ рекомендуется оценочная шкала от одного до пяти баллов: пять баллов означает высокую приспособленность технического средства к безопасному и эффективному выполнению работ, а в один балл оценивается крайне низкая.

Для оценки удобства регулировки учитывается положение тела и рук оператора МСХТ в ходе ее выполнения (табл. 3.6). Так, регулировка, при выполнении которой оператор МСХТ сидит, держа руки перед собой на уровне груди (рис. 3.4), оценивается в пять баллов. Этот вариант встречается при регулировании режимов работы рабочего органа средств механизации из кабины МСХТ. При работе оператора МСХТ с объектом регулирования сидя с поворотом или наклоном туловища до 90° регулировка оценивается в четыре балла. В два балла оценивается регулировка, выполняемая с использованием дополнительных опор, подставок и др.

Таблица 3.6

Исходные данные для оценки удобства выполнения технологических регулировок, устранения отказов МСХТ

Положение оператора МСХТ	Положение рук	Баллы
Стоя или сидя	Перед собой на уровне груди	5
	Над головой	4
Стоя или сидя с поворотом или наклоном туловища до 90°	Перед собой на уровне груди	4
В приседе	Перед собой на уровне груди	3
	Сбоку с изгибом (в локтевом суставе, кисти), работа левой рукой	2
Стоя, в приседе или сидя с поворотом и наклоном туловища до 90°	Перед собой на уровне груди	2
Сидя, стоя подтягиваясь	Над головой или сбоку	1
Работа с использованием дополнительных опор, подставок и др.	Перед собой на уровне груди, сбоку или над головой	1

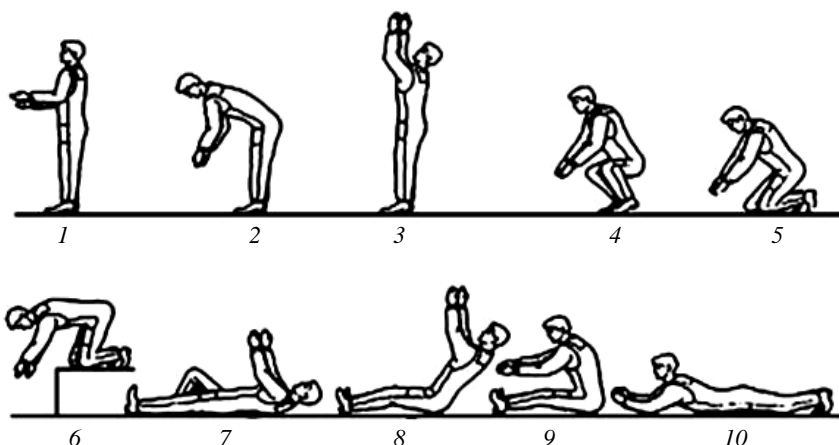


Рис. 3.4. Положение тела оператора МСХТ при проведении оценки технического обслуживания технического средства:
 1–3 – удобные позы, достигаемые без применения дополнительных сооружений;
 4, 5, 7 – среднеудобные позы; 6, 8–10 – неудобные позы

Чтобы определить степень доступности проведения технологических операций для поддержания работоспособности МСХТ, учитывают наличие пространства для их выполнения (табл. 3.7). Если оператору не требуется покинуть кабину МСХТ, регулировка оценивается в пять баллов. В случае, если для ее выполнения оператору МСХТ необходимо откинуть щиток, крышку и др., степень доступности выполняемой работы принимается равной четырем баллам. Регулировка вблизи цепных или ременных передач оценивается в три балла. Низшую оценку (один балл) имеет регулировка, требующая разборки узла рабочего органа технического средства.

Таблица 3.7

Исходные данные для оценки доступности выполнения технологических регулировок, устранения отказов МСХТ

Действия оператора МСХТ	Баллы
Не сходя с рабочего места без устранения каких-либо препятствий	5
Покидая рабочее место без устранения каких-либо препятствий	4

Действия оператора МСХТ	Баллы
Покидая рабочее место или не сходя с него с откидыванием щитка, капота, крышки и т. д.	4
Покидая рабочее место или не сходя с него с откидыванием щитка, капота, крышки и т. д. с откручиванием болтов, гаек: – до 3; – более 3	4 3
Работа с объектом регулирования, находящимся вблизи цепных и ременных передач	3
Работа с объектом регулирования при ограничении доступа к нему другими рабочими органами (детальями)	2
Частичная и полная разборка узлов, рабочих органов, мешающих выполнению регулировок	1

Оценка безопасности выполняемых оператором работ по поддержанию работоспособности техники проводится исходя из местоположения оператора МСХТ, мер и действий, необходимых для обеспечения этого требования (табл. 3.8). Так, регулировке, производящейся из кабины МСХТ, когда не требуется ее остановка и выключение рабочего органа технического средства, т. е. исключена вероятность нахождения оператора МСХТ в потенциально опасных зонах, выставляется пять баллов. Безопасность же регулировки, выполняемой вне кабины МСХТ и требующей остановки технического средства, дополнительных лестниц и подставок, выключения рабочего органа, когда оператор МСХТ полностью находится в зоне режущих или колющих деталей машины, оценивается в три балла. Оценка в два балла выставляется технологической регулировке, при выполнении которой необходимо находиться в зоне возможного произвольного опускания рабочих органов технического средства.

Таблица 3.8

Исходные данные для оценки безопасности выполнения технологических регулировок, устранения отказов МСХТ

Местонахождение оператора МСХТ	Действия оператора МСХТ	Баллы
В кабине	Не требуется остановка МТА и выключение рабочих органов технического средства (не требуется находиться в потенциально опасных зонах)	5
В кабине или вне ее	Требуется остановка МТА, но не требуется выключение рабочих органов технического средства (не требуется находиться в потенциально опасных зонах)	4
Вне кабины	Требуется остановка МТА и выключение рабочих органов технического средства:	
	– не требуется находиться в потенциально опасных зонах	3
	– требуется находиться в зоне рабочих органов и узлов МТА, имеющих шероховатость и заусенцы	3
	– требуется частично находиться в зоне режущих или колющих деталей и узлов рабочих органов МТА	3
	– требуется полностью находиться в зоне режущих или колющих деталей и узлов рабочих органов МТА	2
	– требуется находиться частично в зоне потенциально движущихся и вращающихся узлов рабочих органов МТА	2
	– требуется находиться полностью в зоне потенциально движущихся и вращающихся узлов рабочих органов МТА	1

Данный подход балльной оценки позволяет получить количественную оценку приспособленности сельскохозяйственных машин к регулировкам (устранению отказов) с учетом ряда показателей.

Обработка результатов экспертной оценки приспособленности технических средств к безопасному выполнению рассматриваемых работ проводится следующим образом:

– определяются внутригрупповые дисперсии оценки удобства, доступности и безопасности их выполнения:

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum X_i}{n} \right)^2, \quad (3.66)$$

где $\sum X_i$ – сумма выставленных экспертом баллов за удобство, доступность и безопасность, например регулировки технического средства;

n – количество оцененных регулировок;

– рассчитывается среднее значение внутригрупповых дисперсий:

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{\sum \sigma_i^2}{m},$$

где m – количество экспертов;

– определяются значения общей σ_{ip}^2 и межгрупповой σ^2 дисперсии:

$$\sigma_{\text{общ}}^2 = \frac{\sum X_i^2}{mn} - \left(\frac{\sum X_i}{mn} \right)^2; \quad (3.67)$$

$$\sigma^2 = \sigma_{\text{общ}}^2 - \bar{\sigma}^2; \quad (3.68)$$

– рассчитываются эмпирические значения коэффициента детерминации η^2 и корреляционного соотношения η :

$$\eta^2 = \frac{\sigma^2}{\sigma_{\text{общ}}^2} 100; \quad (3.69)$$

$$\eta = \sqrt{\frac{\eta^2}{100}}; \quad (3.70)$$

– определяются внутригрупповые дисперсии, зависящие от вида регулировок $\sigma_{i_p}^2$:

$$\sigma_{i_p}^2 = \frac{\sum X_{i_p}^2}{m} - \left(\frac{\sum X_{i_p}}{m} \right)^2, \quad (3.71)$$

где $\sum X_{i_p}$ – сумма баллов, выставленных регулировкам при оценке приспособленности технического средства к таким работам;

– рассчитывается среднее значение их внутригрупповых дисперсий, зависящих от вида регулировок $\bar{\sigma}_p^2$:

$$\bar{\sigma}_p^2 = \frac{\sum \sigma_{i_p}^2}{n}. \quad (3.72)$$

При проведении последующего этапа исследований с учетом частоты изменения регулировок рабочих органов технических средств и агросроков их выполнения рассчитываются показатели безопасности управления технологическими процессами, выполняются анализ и обработка полученных данных.

3.5. Метод управления техносферной безопасностью с учетом приспособленности технического средства к безопасному выполнению технологического процесса

В настоящее время имеется большой опыт оценки производственной безопасности в атомной энергетике, космонавтике, самолетостроении. Определяя безопасность и риск по конкретному производству, получают количественное (числовое) значение, характеризующее степень безопасности данного объекта по каждому из известных опасных производственных факторов. Сравнивая фактическое значение с их допустимой величиной, делают вывод о степени безопасности производства, принимают соответствующие управленческие решения.

Предугадать сценарий и результат безопасного производства не всегда представляется возможным в силу множества неопределенностей человеческой, организационно-технической, экономической и социальной направленностей. Принятие решения и управление безопасностью труда в таких случаях связано с вероятностной определенностью, т. е. с понятием риска, от особенностей которого во многом зависят применяемые методы оценки риска и управления им. Существование остаточного риска обуславливается невозможностью с точностью до ста процентов прогнозировать будущее, в тоже время риск имеет место только по отношению к будущему и неразрывно связан с прогнозированием и планированием, а значит, и с принятием решений вообще. Кроме того, управление риском подразумевает реализацию последовательных действий начиная со сбора предварительной информации об объекте исследования и заканчивая повторной оценкой после реализации выработанных корректирующих действий (рис. 3.5).

Для управления техносферной безопасностью в технологических процессах растениеводческой отрасли агропромышленного комплекса (АПК) и выработки корректирующих действий по предотвращению повышения уровня опасности производственного риска как на стадии разработки, так и при дальнейшем использовании технического средства необходимо:

– проанализировать полученные значения показателя приспособленности технического средства к технологическим регулируемым $K_{п,с}$ и безопасности их выполнения $K_{б,р}$;

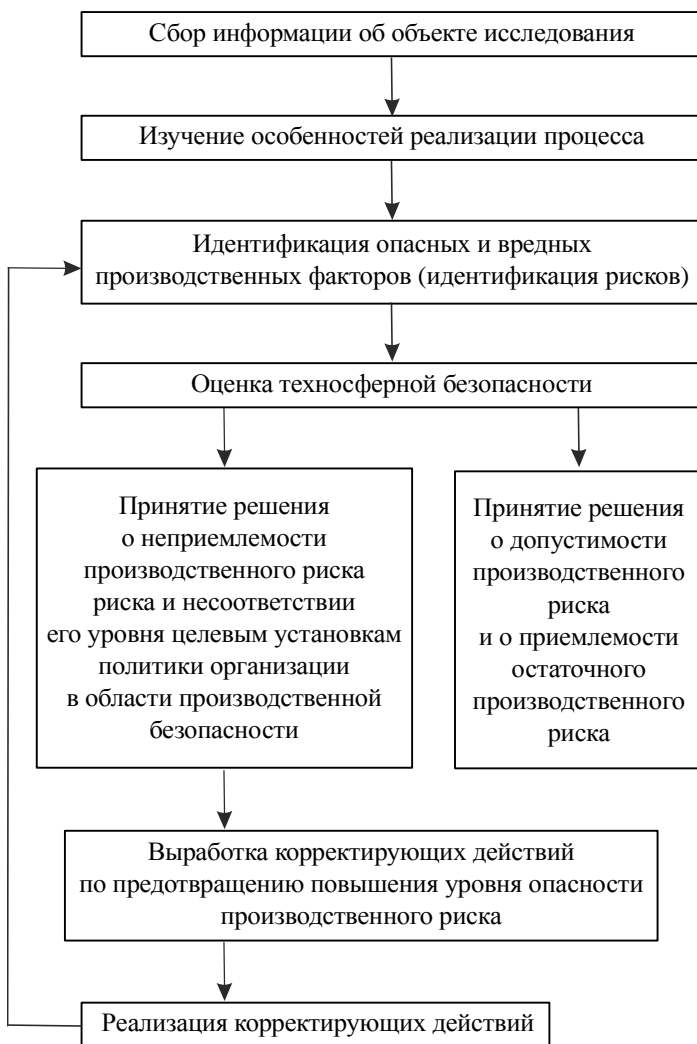


Рис. 3.5. Управление техносферной безопасностью

– определить прогнозируемый показатель безопасности управления технологическим процессом $K_{б. пр}$;

– рассмотреть с учетом полученных значений показателей $K_{п.с}$, $K_{б. п_i}$, $K_{б. пр}$ соответствие технического состояния техниче-

ского средства производственным условиям выполнения работ. В случае несоответствия определить показатель приспособленности конструкции технического средства к безопасному выполнению технологических регулировок и обосновать безопасные режимы использования технического средства.

Выработку корректирующих действий по предотвращению повышения уровня опасности производственного риска рекомендуется осуществлять посредством моделирования технологического процесса с учетом уточненного показателя приспособленности технического средства к безопасному выполнению технологических регулировок (рис. 3.6), интенсивности их выполнения и изменения параметра состояния производственной среды (табл. 3.9).



Рис. 3.6. Номограмма для определения уровня опасности производственного риска с учетом интенсивности выполнения технологических регулировок

Таблица 3.9

Показатель травмирования оператора МСХТ
при выполнении технологических регулировок
с учетом изменения состояния параметра
производственной среды

Наименование показателя	Количество изменений за смену параметра состояния производственной среды					
	5	10	15	20	25	30
Показатель травмирования $P_{R,c}$ оператора МСХТ при выполнении технологических регулировок, %: при $K_{п.с} = 0,4$	12,10	12,60	13,10	13,60	14,20*	14,80*
$K_{п.с} = 0,6$	8,45	8,60	8,80	9,00	9,30	9,60
$K_{п.с} = 0,8$	3,34	3,38	3,48	3,63	3,80	4,00

* Предельный уровень опасности производственного риска.

Установлено, что даже при хорошей приспособленности, например технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов крупноплодной клюквы, к технологическим регулировкам ($K_{п.с} = 0,8$), но двухкратном (с 15 до 30 раз) увеличении изменения состояния параметра производственной среды показатель травмирования оператора МСХТ возрастает в 1,15 раза.

3.6. Методика обращения с отходами сельскохозяйственного производства

Агропромышленный комплекс можно рассматривать как производство, характеризующееся образованием ряда отходов и возможностью утилизации отходов других отраслей. Методология обращения с отходами в сельском хозяйстве должна предусматривать минимизацию образования отходов и рациональную утилизацию их в хозяйствах, а также использование отходов других производств

для стабилизации плодородия почв на основе сбалансированного содержания питательных веществ. Вне зависимости от форм землепользования и направленности сельхозпроизводителей в хозяйствах возможно образование отходов перечисленных далее типов.

Основная отрасль практически всех хозяйств – растениеводство, которое является главным поставщиком нормируемых отходов:

- солома, образование которой составляет от 0,8 до 1,5 т на 1 т зерна;
- злаки некондиционные, выход которых достигает 6 % от бункерной массы зерна;
- початки кукурузы обрушенные – до 20 % бункерной массы;
- другие растительные и пожнивные остатки.

В животноводстве образуются отходы, относящиеся к IV классу опасности. Расчет и фактические данные указывают на возможность образования в стойловый период (180 дней) 1 млн т навоза для хозяйств всех форм собственности в области. Фермы, навозохранилища, силосные ямы оказывают наибольшее негативное влияние на атмосферу, подземные и поверхностные источники. Выбросы в атмосферу от животноводства, по разным оценкам, могут составлять более 200 тыс. т в год. В их составе присутствуют аммиак, сероводород, меркаптаны, фосфиды, индол, ароматика и др.

Навоз, навозная жижа, испорченные или неиспользованные корма (силос, сенаж и др.) должны после необходимой выдержки вывозиться на поля и заделываться в пашню.

В сочетании с соломой, применение которой в качестве органического удобрения целесообразно, внесение других органических удобрений позволит стабилизировать плодородие почв и повысить их эколого-энергетический потенциал.

Экспериментальные данные показывают, что при внесении 30 т/га навоза энергоемкость почвы увеличивается с 0,92 МДж/кг (контроль) до 1,06 МДж/кг, такой же эффект дает внесение соломы с добавлением 8–12 кг/т азота. Черноземы имеют самую высокую природную энергоемкость и под влиянием органических и минеральных удобрений могут изменять энергопотенциал в пределах 5 %–25 %. Только минеральная система удобрения и сидерация не способствуют накоплению энергии в почве.

Другие отрасли сельскохозяйственного производства – отопление, механизация, переработка, строительство – характеризуются незначительным вкладом в накопление отходов. Их количество, как

правило, не превышает 2 т/год (отработанные шины, аккумуляторы и др.). Образующиеся золошлаки (~10–25 т/год) целесообразно использовать для отсыпки дорог, откосов на фермах, а также смеси со шлаками карбида кальция – для обработки скотомогильников.

Как особую проблему выделяют нефтеотходы, промасленный песок и ветошь. До настоящего времени нефтеотходы применялись для заполнения систем гидравлики в животноводстве и сельхозтехнике, но с введением системы лицензирования используемые методы не находят своего применения. Хозяйство, имеющее 0,5 т/год отработанных аккумуляторов, 0,5–2,0 т/год отработанных нефтепродуктов и 0,05–0,10 т/год промасленного песка и ветоши, с малой вероятностью будет обращаться за лицензией. Более целесообразно использовать эти отходы в хозяйстве для заполнения гидросистем, розжига горнов в кузне и др.

Рациональное обращение с отходами в сельском хозяйстве предусматривает также использование отходов других производств для создания стабильных и сбалансированных агроэкосистем при минимуме затрат. Показательным является применение осадков коммунальных сточных вод (ОСВ) в качестве удобрений, что увеличивает концентрацию гумуса на 0,5 %–1,3 % (абс.) в пахотном слое и способствует восстановлению плодородия почв.

Агропромышленный комплекс Республики Беларусь следует рассматривать как значительный потенциал образования отходов растительного и животного происхождения, доля которых в настоящее время составляет порядка 32,7 % (без ущерба образования галитовых отходов и глинисто-солевых шлаков) в общем объеме образования отходов. Рациональное обращение с отходами предприятий АПК в перспективе должно предусматривать широкое использование их для производства биомассы как возобновляемого источника энергии.

Республика Беларусь имеет большой потенциал биомассы, доступной для производства энергии. Биомасса (исключая долю, которая используется другими секторами экономики) может покрывать до 18 млн т. Технологии производства энергии из биомассы преимущественно начинают развиваться, но имеют хорошие перспективы для коммерциализации в ближайшем будущем.

Результаты выполненных технико-экономических обоснований показывают, что производство тепловой энергии из биомассы

конкурентоспособно уже в данный момент даже при использовании зарубежного оборудования. В отношении производства электроэнергии из биомассы наиболее рентабельными могут быть электростанции, работающие на биогазе с полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО). Производство электроэнергии из древесины, соломы и другой биомассы, как правило, рентабельно только в когенерационных установках при наличии круглогодичного потребителя теплоты. Наибольший потенциал для рентабельного развития в Республике Беларусь имеют следующие технологии:

1) промышленные древесносжигающие котлы (0,1–10,0 МВт) для установки в гослесхозах и на деревообрабатывающих комбинатах;

2) соломосжигающие фермерские котлы и котлы для малых теплосетей (0,1–1,0 МВт), а также станции централизованного теплоснабжения (1–10 МВт);

3) древесно- и соломосжигающие котлы малой мощности (40–100 кВт);

4) биогазовые установки для крупных ферм КРС, свиноферм, птицефабрик и предприятий пищевой промышленности;

5) установки добычи и использования биогаза с крупных полигонов ТКО и станций очистки коммунальных стоков (мини-электростанции мощностью 0,5–5,0 МВт);

6) технологии совместного сжигания биомассы с углем в существующих угольных электростанциях;

7) производство моторных топлив из биомассы.

Развитие биоэнергетических технологий уменьшит зависимость Республики Беларусь от импортированных энергоносителей, повысит ее энергетическую безопасность за счет организации энергоснабжения на базе местных возобновляемых ресурсов, создаст значительное количество новых рабочих мест (преимущественно в сельских районах), внесет большой вклад в улучшение экологической ситуации, придаст импульс развитию сельского и лесного хозяйства, машиностроения.

Выбор конкретной технологии и соответствующего технологического оборудования обуславливается следующими критериями:

1) наличием древесных и (или) сельскохозяйственных отходов вблизи от перерабатывающей установки. Расходы на транспортировку отходов должны быть минимизированы;

2) экономической обоснованностью использования данной технологии для конкретного вида отходов. Необходимо выбрать наиболее подходящий в экономическом плане метод утилизации;

3) соотношением количества продукта к исходному сырью или выхода продукта. Количество топлива на выходе различно для каждого метода;

4) объемом сырья, поступающего на переработку, и скоростью метода. Методы утилизации позволяют утилизировать отходы с различной скоростью. При больших объемах отходов необходимо применять высокоскоростные технологии;

5) конечным применением продуктов переработки. Необходимо наладить каналы поставок биотоплива и других химических продуктов, исключая создание больших складов для хранения.

Данные критерии позволяют оценить и использовать наиболее эффективное технологическое оборудование для переработки отходов растительного и животноводческого происхождения.

3.7. Методика оценки устойчивости функционирования молниезащиты здания и сооружения

Безопасное функционирование объекта во время грозových проявлений зависит от множества факторов различного рода. По этой причине эксперимент должен выполняться с целью минимизации числа опытов, выявления и изучения лишь тех факторов, которые существенно влияют на работоспособность функционирования рассматриваемой системы (молниезащиты и защищаемого производственного объекта).

В общем случае комплекс работ по подготовке и проведению исследований включает:

– сбор и обработку информации о фактической эксплуатации молниезащиты на объектах агропромышленного комплекса;

– сбор и обработку информации о характеристиках молниезащиты зданий и сооружений агропромышленного комплекса, на которых произошли пожары от прямого удара молнии;

– сбор и обработку информации о геометрических, архитектурных, технологических особенностях зданий и сооружений агропромышленного производства;

- выявление факторов, послуживших причинами возникновения пожаров от грозových проявлений;

- классификацию факторов по способу их управления.

Организация и проведение исследований включает:

- наблюдение явления пожаров от ударов молнии на объектах агропромышленного комплекса;

- поиск и выявление идеальных условий, при которых молниезащита выполнит свою функцию;

- анализ и сравнение полученных данных об устойчивом функционировании молниезащиты с фактическими условиями эксплуатации молниезащиты, теоретическими результатами ранее проведенных исследований.

К объектам исследования относятся архитектурные особенности объектов защиты, способы размещения молниезащиты, геометрические размеры тех и других.

Наблюдения за устойчивым функционированием молниезащиты требуют выполнения следующих видов работ:

- разовых обследований объектов агропромышленного комплекса, на которых произошли пожары;

- разовых обследований молниезащиты на объектах агропромышленного комплекса, на которых произошли пожары;

- организации наблюдений за условиями функционирования молниезащиты на объектах агропромышленного комплекса на примере отдельно взятого района Республики Беларусь, на котором пожары не произошли.

Эксперимент планируется таким образом, чтобы обеспечить наибольшую точность математической модели, определить зависимость устойчивости объекта АПК от грозопоражения. На начальном этапе эксперимента необходимо решить следующие задачи:

- выявить факторы, влияющие на устойчивое функционирование объекта при воздействии на него грозových проявлений;

- классифицировать выявленные факторы (для объекта защиты, для молниеотвода);

- составить матрицу отсеивающего эксперимента.

Для составления матрицы необходимо:

- организовать сбор априорной информации: провести анализ статистических сведений по пожарам, условиям функционирования

молниезащиты с проведением элементов фотосъемки и измерениями; проверить соблюдение технических нормативных правовых актов (ТНПА), технических условий (ТУ);

– составить план проведения эксперимента: определить факторы, влияющие на исследуемые объекты, и провести их классификацию по группам (управляемые, неуправляемые и неконтролируемые); определить количество опытов;

– обосновать критерий устойчивости объекта от поражений его молнией и др.

Для постановки отсеивающего эксперимента рекомендуется план полного факторного эксперимента типа 2^3 с количеством опытов $n = 8$ и числом дублей в каждом опыте $n = 3$. Планирование построения отсеивающих экспериментов определяется из следующих ситуаций:

1) все факторы могут привести к поражению молнией объекта, ситуация характеризуется тремя знаками «←» в столбцах строки;

2) два фактора могут привести к поражению молнией объекта, ситуация характеризуется двумя знаками «←», одним знаком «+» в столбцах строки;

3) один из факторов может привести к поражению молнией объекта, ситуация характеризуется одним знаком «←» в столбцах строки;

4) ни один из факторов не может привести к поражению молнией объекта, ситуация характеризуется тремя знаками «+» в столбцах строки.

План проведения эксперимента с кодируемыми факторами приведен в табл. 3.10.

Таблица 3.10

План эксперимента с кодируемыми факторами

Номер опыта	X1	X2	X3
1	–	–	–
2	+	–	–
3	–	+	–
4	+	+	–
5	–	–	+
6	+	–	+
7	–	+	+
8	+	+	+

Правильность построения отсеивающих экспериментов определяется двумя признаками [83]:

- равенством количества знаков «+» и «-» в каждом столбце плана;
- диагональным расположением одинаковых знаков в ячейках плана.

На основе полученных результатов должна быть построена математическая модель и описана зависимость устойчивого функционирования объекта АПК при воздействии на него грозовых проявлений от ряда факторов, характеризующих объект защиты и молниеотвод.

Для сбора, системного анализа и составления базы определяется и природа факторов, непосредственным образом влияющих на безопасность исследуемого объекта, их распределение на группы. Особое внимание уделяется объектам с устройством молниезащиты, на которых произошел пожар от удара молнии.

При сборе данных количество исследуемых объектов (натурных наблюдений) определяется на основе сведений по числу пожаров от ударов молнии на объектах агропромышленного комплекса (экспертные решения по пожарам, карточки по пожарам) в районе выезда подразделений по чрезвычайным ситуациям.

При отборе факторов устойчивого функционирования объекта рассматриваются (табл. 3.11):

X – факторы, которые влияют на поведение системы «объект защиты» (далее – система) и которыми возможно управлять;

Z – факторы, которые влияют на систему и которыми управлять невозможно вследствие ограничений (технических, технологических, экономических: сила тока молнии, частота удара молнии и т. д.);

Q – факторы, которые влияют на поведение системы, но управление ими на данном этапе развития технических наук невозможно (полярность молнии).

Таблица 3.11

Сводная таблица факторов функционирования объекта

Тип фактора	Наименование фактора	Единица измерения
X	Высота объекта защиты	м
	Площадь объекта защиты	м
	Степень огнестойкости объекта защиты	–

Продолжение таблицы 3.11

Тип фактора	Наименование фактора	Единица измерения
	Размещение молниеотвода на объекте защиты или возле него	–
	Форма кровли объекта защиты	–
	Отношение высоты молниеотвода к его радиусу зоны защиты	м/м
	Сечение молниеприемника	мм
	Длина заземлителя	м
	Отношение допустимого для заземлителя молниеотвода сопротивления к удельному сопротивлению грунта	Ом/Ом·м
	Удельное сопротивление грунта	Ом·м
	Тип грунта	–
	Отношение длины заземлителя к допустимому сопротивлению	м/Ом
	Площадь заземлителя	м ²
	Тип заземлителя (вертикальный стержневой, горизонтальный)	–
	Высота молниеотвода	м
	Материал элементов молниеотвода	–
	Место расположения молниеотвода на объекте защиты или возле него	–
	Время года	–
	Удельная пожарная нагрузка в здании, сооружении	–
	Горючесть кровельного материала	–
Z	Пожарная нагрузка объекта защиты	мДж/м ²
	Сила тока молнии	кА
	Напряжение молнии	кВ
	Частота удара молнии	удар/км ²
	Безопасное расстояние от объекта защиты до молниеотвода	м
	Надлежащее обслуживание и контроль молниезащиты	–

Тип фактора	Наименование фактора	Единица измерения
	Значение сопротивления заземлителя молниеотвода, определенное инструментальным способом через промежуток времени: день/неделя/месяц	Ом
Q	Полярность молнии	–
	Высота удара молнии	м
	Психофизические особенности человека	–

Для снижения влияния грозových проявлений на объектах агропромышленного комплекса отбираются те факторы X , которые не зависят от факторов, влияющих на поведение исследуемого объекта.

При выборе определяются значимые и незначимые, качественные и количественные факторы. К значимым относятся факторы, указывающие на причину возникновения пожара. Под данными факторами подразумевают характеристики строительных конструкций, планировочные решения объекта защиты, способы молниезащиты, характеристики молниеотвода. В дополнение проводится фотосъемка, при помощи которой учитываются особенности здания (сооружения), условия функционирования молниезащиты.

Из значимых факторов выбираются существенные, к которым относятся те факторы, которые в большей степени влияли на параметр Y .

Необходимость устройства молниезащиты зданий и сооружений определяется посредством моделирования процесса, т. к. практически невозможно четко сформулировать критерий оценки объекта исследования и его взаимодействие с окружающей средой, если описание процесса не поддается полной формализации. Для решения поставленной задачи используются элементы имитационного моделирования.

Основные требования, предъявляемые к имитационной модели определения необходимости устройства молниезащиты:

- полнота модели должна предоставлять возможность получения необходимого набора характеристик здания и сооружения (геометрических размеров, технологических особенностей и т. п.);

- гибкость модели должна давать возможность воспроизведения различных ситуаций при варьировании функционального назначения и вводных данных для здания и сооружения;

- структура модели должна быть модульной, т. е. допускать возможность формирования вариантов модели за счет изменения содержания отдельных модулей моделирования без необходимости изменения структуры модели в целом;

- структура модели должна иметь в себе нелинейные или циклические элементы (смешанное моделирование).

С учетом приведенных требований рассматриваются основные положения, которые справедливы при моделировании процесса определения необходимости устройства молниезащиты.

Характеристики процесса воздействия грозовых проявлений на здания и сооружения определяются на основе модели, построенной исходя из имеющейся исходной информации об объекте, процессе воздействия молнии, а также типов рисков и элементов рисков, наиболее вероятных для здания или сооружения.

Адекватность модели оценивается по двум составляющим:

- наличие общего алгоритма;

- наличие наиболее вероятных элементов рисков для здания или сооружения.

Предложенная оценка рассматриваемой модели позволяет определить необходимость устройства молниезащиты исключительно на основе наиболее вероятных для конкретного здания или сооружения воздействий от грозовых молний, что в целом позволяет минимизировать временные трудозатраты. Алгоритм определения необходимости устройства молниезащиты включает:

- определение функционального назначения объекта;

- определение условий воздействия грозовых проявлений на объект;

- определение типов рисков;

- определение элементов рисков для здания или сооружения;

- сравнение величин элементов рисков с их допустимыми значениями;

- вывод о необходимости устройства молниезащиты.

Комбинации наиболее приемлемых элементов рисков определяются с учетом характеристик условий влияния грозовых проявлений, характеристик здания или сооружения (в т. ч. технологических

особенностей). Так, элемент риска RA характерен исключительно для случая, когда совпадают условия прямого удара молнии в здание или сооружение и наличия в здании людей. Элемент риска RC характерен для случая, когда совпадают условия прямого удара молнии в здание или сооружение и возникновения электромагнитных наводок в инженерных токопроводящих коммуникациях здания. Последствия от элемента риска RM идентичны последствиям от элемента риска RC , при этом для RM характерно условие – удар молнии около здания или сооружения.

Таким образом, например, для молочно-товарной фермы набор наиболее вероятных элементов для определения риска гибели людей

$$R1 = RA + RB. \quad (3.73)$$

Элементы риска RC и RM не рассматриваются, т. к. в здании будет отсутствовать опасность взрыва. Для жилого здания в сельской местности с печным отоплением набор наиболее вероятных элементов по риску гибели людей равен:

$$R1 = RA + RB + RM. \quad (3.74)$$

Для этого случая элементы риска RC и RM также рассматриваются, т. к. в здании отсутствует опасность взрыва.

В здании, оборудованном котельной установкой, работающей на природном газу, набор наиболее вероятных элементов по риску гибели людей

$$R1 = RA + RB + RC + RM. \quad (3.75)$$

Для открытого склада набор вероятных элементов по риску гибели людей равен элементу риска, при котором удар молнии в здание может вызвать повреждения, разрушения, взрыв и пожар: $R1 = RB$.

Критерии для разработки модели определения устройства молниезащиты для зданий и сооружений по рискам $R1$ – $R4$ в зависимости от их функционального назначения приведены в табл. 3.12.

На основании выбираемых критериев разработаны модели определения устройства молниезащиты по наиболее приемлемым элементам рисков, а также характеристикам условий влияния грозовых проявлений, характеристикам здания или сооружения для жилых, производственных, сельскохозяйственных зданий.

Таблица 3.12

Критерии для разработки модели определения устройства молниезащиты

Наиболее вероятные элементы риска, характерные для здания (сооружения)	Жилое здание	Производственное и складское	МТФ, телятники, коровник и т. д.	Открытые склады
Риск гибели людей R1				
<i>RA</i>	+	+	+	–
<i>RB</i>	+	+	+	+
<i>RC</i>	+	+	–	–
<i>RM</i>	+	+	–	–
Риск угрозы коммунального обслуживания R2				
<i>RA</i>	–	–	–	–
<i>RB</i>	+	+	+	+
<i>RC</i>	+	+	+	–
<i>RM</i>	+	+	+	–
Риск потери культурных ценностей R3				
<i>RA</i>	–	–	–	–
<i>RB</i>	+	+	+	+
<i>RC</i>	–	–	–	–
<i>RM</i>	–	–	–	–
Риск потери культурных ценностей R4				
<i>RA</i>	–	–	+	–
<i>RB</i>	+	+	+	+
<i>RC</i>	+	+	+	–
<i>RM</i>	+	+	+	–

Наблюдения за молниеотводом проводятся согласно плану-графику исследований раз в неделю. Период наблюдений – июль–октябрь. При этом должно выполняться:

- описание общих климатических особенностей площадки для организации и проведения наблюдений;
- разработка схемы размещения молниеотвода относительно условных и деформационных знаков (окружающих объектов) (рис. 3.7);
- календарный план наблюдений;
- описание организации наблюдений, факторов наблюдений;
- расчет факторов наблюдений;
- описание метода наблюдений.

- При проведении наблюдений отслеживаются следующие факторы:
- отклонение от осей по горизонтали q_x и вертикали q_y ;
 - целостность элементов молниеотвода.

В случае появления фактора, приводящего к резкому изменению обычного хода деформации (изменение нагрузки на основание, температуры окружающей среды и самого сооружения, уровня грунтовых вод, землетрясение, сильный ветер, удар молнии в молниеотвод и др.), выполняются внеплановые наблюдения.

Целью систематических и внеплановых наблюдений является определение величин деформации для оценки устойчивости молниеотвода и принятия своевременных профилактических мер, обеспечивающих его нормальную работу.

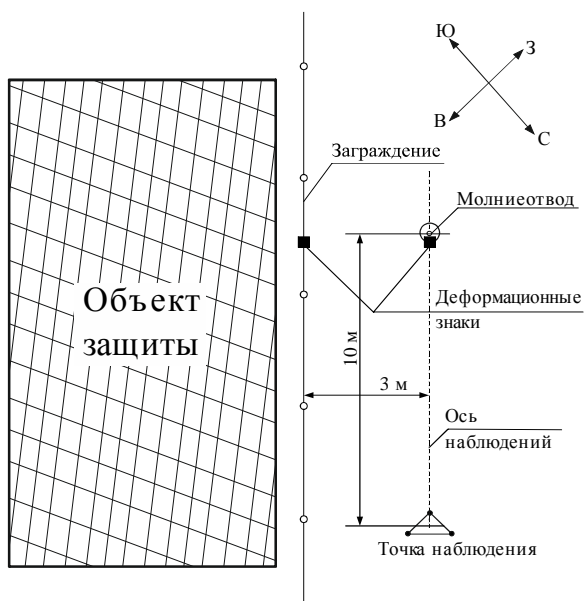


Рис. 3.7. Схема размещения молниеотвода относительно условных и деформационных знаков

Наклон молниеотвода определяется в направлении горизонтальной оси как наклон, в направлении вертикальной оси – как перекос. Наклон и перекос точки молниеотвода характеризуются разностью ее координат $x_{тек}$, $x_{нач}$ для наклона и $y_{тек}$, $y_{нач}$ для перекоса. В общем случае наклоны и перекосы вычисляются по формулам:

$$q_x = x_{\text{тек}} - x_{\text{нач}}, \quad (3.76)$$

$$q_y = y_{\text{тек}} - y_{\text{нач}}. \quad (3.77)$$

Изменение величины деформации за выбранный интервал времени характеризуется средней скоростью деформации $v_{\text{ср}}$. Так, средняя скорость наклона

$$v_{\text{ср}} = \frac{q_{x1} - q_{x2}}{t}. \quad (3.78)$$

По результатам наблюдений определяется среднемесячная скорость, выявляются закономерности, позволяющие прогнозировать процесс устойчивости молниеотвода. В случае падения, нарушения целостности токопровода молниеотвода наблюдения прекращаются. По окончании очередного цикла измерений (раз в месяц) выполняется анализ полученных результатов, их точности. По результатам вычислений q_x , q_y и $v_{\text{ср}}$ составляется ведомость отметок соответствующих наклонов и перекосов (табл. 3.13). Наклоны и перекосы вычисляются по отношению к первичным исследованиям с учетом их накопления. Для наглядности составляются пространственно-временные графики по наклонам и перекосам. Наблюдения за отклонением выполняли при помощи фотосъемки и с использованием инструментального метода (теодолита).

Направление фиксации деформаций молниеотвода с точки наблюдений определяется при помощи компаса. На молниеотводе по его оси на высоте 0,000, 1,500 и 10,000 (верхняя часть молниеотвода) фиксируются вертикальные и горизонтальные отметки параллельно и перпендикулярно оси.

Затем инструментально фиксируются значения этих отметок (ось пересечения) по горизонтали q_x и вертикали q_y .

4. НОРМИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Воздействие выбросов предприятия природопользователя (далее – предприятия) на атмосферный воздух оценивается в зависимости от следующих критериев:

- количественного и качественного состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух источниками выбросов предприятия;
- размера санитарно-защитной зоны предприятия;
- техногенной опасности предприятия для окружающей среды;
- числа стационарных источников выбросов предприятия;
- числа на предприятии передвижных источников выбросов;
- значений расчетных приземных концентраций, создаваемых источниками выбросов предприятия.

Таким образом, категорию опасности деятельности предприятия K_0 можно определить по формуле

$$K_0 = 2A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + 2B_1 + B_2, \quad (4.1)$$

где A_1 – число условных баллов, определяемое по критерию K в зависимости показателя K_0 от количественного и качественного состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух стационарными источниками выбросов предприятия;

A_2 – число условных баллов по критерию L в зависимости от размера базовой санитарно-защитной зоны предприятия;

A_3 – число условных баллов по критерию Z в зависимости от техногенной опасности предприятия;

A_4 – число условных баллов по критерию N в зависимости от числа стационарных источников выбросов предприятия;

A_5 – число условных баллов по критерию P в зависимости от числа передвижных источников выбросов предприятия;

B_1 – количество загрязняющих веществ или групп загрязняющих веществ, обладающих эффектом суммации вредного воздействия на качество атмосферного воздуха, по которым источники выбросов предприятия создают приземную концентрацию сверх установленной;

B_2 – количество загрязняющих веществ или групп загрязняющих веществ, обладающих эффектом суммации вредного воздействия на качество атмосферного воздуха, по которым источники выбросов предприятия создают приземную концентрацию в пределах установленных значений.

Значение критерия K (табл. 4.1) определяется из выражения

$$K = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{S_i} \right)^{a_i}, \quad (4.2)$$

где n – число загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием в атмосферный воздух;

M_i – масса выброса i -го загрязняющего вещества, т/год;

S_i – значение ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест, мг/м³.

Критерий K не рассчитывается и приравнивается к нулю, если

$$\frac{M_i}{S_i} < 1. \quad (4.3)$$

Таблица 4.1

Категории предприятий в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ

Категория предприятия	Значения K , т/год
1	$K > 10^6$
2	$10^4 < K \leq 10^6$
3	$10^3 < K \leq 10^4$
4	$K \leq 10^3$

В зависимости от значения критерия K предприятия подразделяются на 4 категории и устанавливается периодичность их контроля и отчетности (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Периодичность отчетности и контроля предприятия
по атмосферноохранной деятельности

Вид работы	Категория предприятия в зависимости от количественного и качественного состава выбросов			
	1	2	3	4
1. Инвентаризация (один раз в пять лет) источников выбросов ЗВ в атмосферу	+	+	+	+
2. Составление (ежегодно) формы статистической отчетности «2-ОС – воздух»	+	+	+	–
3. Разработка плана атмосферно-охранной деятельности предприятия: – ежегодно; – один раз в пять лет	+	+	+	+
4. Разработка проектов допустимых выбросов предприятия: – по полной схеме; – по сокращенной схеме; – не разрабатывают	+	+	+	+
5. Периодичность контроля атмосферноохранной деятельности предприятия: – ежегодно; – один раз в три года; – выборочно один раз в пять лет	+	+	+	+

Критерий L для оценки безопасности деятельности предприятия рассматривается с точки зрения состояния санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия, являющейся обязательным элементом

любого объекта, который может быть источником химического, биологического или физического воздействия на среду обитания и здоровье человека. Использование площадей СЗЗ осуществляется с учетом ограничений, установленных действующим законодательством.

Согласно санитарной классификации устанавливаются следующие минимальные размеры санитарно-защитных зон:

- предприятия первого класса – 1000 м;
- предприятия второго класса – 500 м;
- предприятия третьего класса – 300 м;
- предприятия четвертого класса – 100 м;
- предприятия пятого класса – 50 м.

Приведенные размеры являются базовыми при обосновании расчетной СЗЗ.

В границах СЗЗ предприятий запрещается размещать:

- производственные здания и сооружения в тех случаях, когда вредности, выделяемые одним из предприятий, могут оказать вредное воздействие на здоровье или привести к порче материалов, оборудования, готовой продукции другого предприятия;

- предприятия пищевой промышленности, а также по производству посуды, тары, оборудования для пищевой промышленности, склады пищевых продуктов;

- предприятия по производству воды и напитков для питьевых целей, комплексы водопроводных сооружений для подготовки и хранения питьевой воды;

- коллективные или индивидуальные дачные и садово-огородные участки;

- спортивные сооружения, парки отдыха, образовательные учреждения, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения общего пользования.

Озеленение СЗЗ для предприятий IV и V классов должно составлять не менее 60 % ее территории; для предприятий II и III классов – не менее 50 %; для предприятий I класса и зон большой протяженности – не менее 40 % ее территории.

При наличии у предприятия в пределах одной производственной площадки нескольких производств размер СЗЗ принимается в соответствии с размером СЗЗ для наиболее опасного производства предприятия.

В случаях, если для предприятия установлена расчетная СЗЗ в размере, превышающем базовую СЗЗ наиболее опасного его производства, расчет производится исходя из размера расчетной СЗЗ. При этом сумма взвешенных условных баллов увеличивается на величину кратности увеличения расчетной СЗЗ относительно базовой.

Предприятие считается не оказывающим вредного воздействия на атмосферный воздух (критерии Z), если ни один его источник выбросов не попадает в категорию опасных. Источник выбросов не опасен для окружающей среды, если выполняется следующее условие:

$$\frac{M_{\max}}{\text{ПДК}_{\text{м.р}}} \leq \Phi, \quad (4.4)$$

где M_{\max} – максимальная величина выброса вредного вещества в атмосферу, мг/с;

$\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ – предельная максимально-разовая концентрация вещества, мг/м³;

Φ – величина, характеризующая условный расход воздуха, необходимый для разбавления вредного вещества, поступающего в атмосферу, до $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$, м³/с. При среднем значении высоты источников выбросов по предприятию $H \leq 10$ м значение $\Phi = 0,1$ м³/с; при $H > 10$ м значение $\Phi = 0,01H$.

Если источник выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух опасен для окружающей среды, рекомендуется:

– проанализировать соответствие применяемого технологического оборудования экологическим и производственно-хозяйственным стандартам;

– разработать план мероприятий на предприятии, включающий технологические, объемно-планировочные и санитарно-гигиенические решения по уменьшению объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Количественные характеристики рассмотренных критериев K , L , Z , а также критериев N и P , анализируемых по результатам инвентаризации источников выбросов предприятия, приведены в табл. 4.3.

Значения критериев K, L, Z, N, P

Критерий	Баллы				
	0	1	2	3	4
K , т/год	0	От 1 до 10^3	От 10^3 до 10^4	От 10^4 до 10^6	Не менее 10^6
L , м	50	100	300	500	1000
Z	Неопасное	Опасное	Особо опасное	–	–
N , ед.	До 5 включительно	От 6 до 10 включительно	От 11 до 50 включительно	От 51 до 100 включительно	Свыше 100
P , ед.	До 5 включительно	От 6 до 25 включительно	От 26 до 99 включительно	От 100 до 499 включительно	Не менее 500

Значения показателей B_1 и B_2 определяются следующим образом:

– если отношение фактической концентрации загрязняющих атмосферу веществ к ПДК превышает 1, то определяется показатель B_1 , равный числу таких веществ или числу групп веществ, обладающих эффектом суммации;

– если это отношение находится в диапазоне от 0,8 до 1,0, то определяется показатель B_2 , равный числу таких веществ или числу групп веществ, обладающих эффектом суммации.

Зона активного загрязнения атмосферы газовоздушным выбросом при круговой розе ветров определяется по выражению

$$R = 20H \left(1 + \frac{\Delta T}{75} \right), \quad (4.5)$$

где R – радиус зоны активного загрязнения атмосферы газовоздушным выбросом, м;

H – высота источника выброса загрязняющих атмосферу веществ, м;
 ΔT – мера нагретости газовой смеси, град.:

$$\Delta T = T_r - T_v, \quad (4.6)$$

где T_r – температура газовой смеси в устье источника выбросов, град.;

T_v – температура окружающей среды, град.

С учетом рассчитанных значений показателей $A1$ – $A5$, $B1$ и $B2$ определяется категория опасности деятельности предприятия.

Таблица 4.4

Граничные условия для деления предприятий на категории опасности деятельности

Сумма взвешенных условных баллов	до 5 включительно	от 6 до 10	от 11 до 16	от 17 до 21	свыше 21
Категория опасности деятельности предприятия	V	IV	III	II	I

Рост населения и потребностей человека за последние полвека привели к тому, что загрязнение окружающей среды стало глобальной реальной проблемой, для успешного решения которой работать необходимо всем странам, несмотря на то что локальные проблемы могут требовать и индивидуального подхода.

5. ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ПРОЦЕССЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

5.1. Классификация и размещение отходов производства и потребления

Все то, что производится, добывается и потребляется, рано или поздно превращается в отходы. Все образующиеся отходы делят на отходы производства и потребления, которые могут находиться в газообразном, жидком, пастообразном или твердом состоянии, представляя опасность различной степени для окружающей среды и человека.

Отходы в зависимости от токсичности химических веществ, содержащихся в них, проявляют различную степень воздействия на окружающую среду. При размещении отходов негативное воздействие их на природную среду достаточно часто сопровождается нарушением ландшафта с изменением отдельных элементов геологической среды, загрязнением воздушного бассейна, вод суши, моря, подземных вод, истощением их ресурсов и деградацией водных экосистем, а также загрязнением и деградацией почв, приводящих к истощению ресурсов растительного и животного мира. Уровень негативного воздействия отходов на природную среду оценивается степенью их токсичности, приводящей к различным степеням экологического неблагополучия в местах образования и размещения отходов. Экологическая обстановка в местах образования и размещения отходов может быть классифицирована следующим образом: относительно удовлетворительная, напряженная, критическая, кризисная и катастрофическая. В зависимости от степени экологического неблагополучия в местах образования и размещения отходов наблюдаются изменения природной среды и деградация естественных экосистем, нередко приводящие к изменению среды обитания и состояния здоровья человека. Классификация отходов с учетом возможного негативного их влияния на природную среду и человека приведена на рис. 5.1.

Обращение с отходами подразумевает деятельность, связанную с их образованием, сбором, перевозкой, хранением, использованием

и обезвреживанием. Классы опасности отходов производства и потребления:

- I класс (чрезвычайно опасные) – самая высокая степень воздействия на окружающую среду, восстановительный период неизвестен;
- II класс (высокоопасные) – приводят к серьезному нарушению экологического баланса в окружающей среде, восстановительный период – не менее 30 лет;
- III класс (умеренно опасные) – средняя степень вредного воздействия на окружающую среду, восстановительный период – около 10 лет;
- IV класс (малоопасные) – низкая степень вредного воздействия на окружающую среду, восстановительный период – в среднем 3 года;
- V класс (практически неопасные).

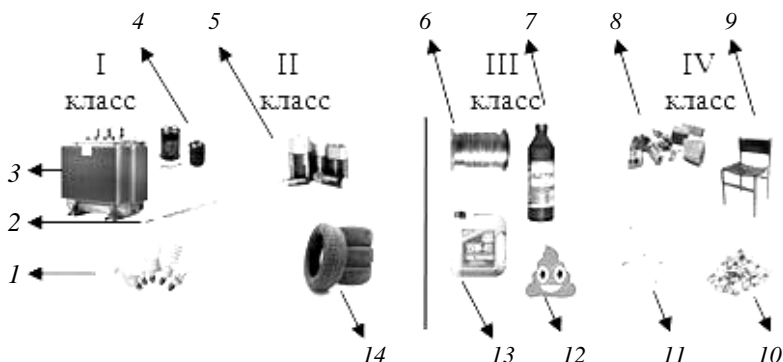


Рис. 5.1. Классы опасности отходов производства и потребления:

- 1 – лампы ртутьсодержащие; 2 – термометры ртутные; 3 – трансформаторы;
4 – конденсаторы; 5 – батарейки; 6 – провода медные; 7 – ацетон;
8 – мусор строительный; 9 – обломки мебели; 10 – опилки; 11 – осколки стекла;
12 – навоз свежий со свинофермы; 13 – масло моторное; 14 – автопокрышки

Основные источники образования промышленных отходов и их виды приведены в табл. 5.1. Рабочий на производстве оставляет примерно в восемь раз больше твердых промышленных отходов, чем бытовых, образующихся в среднем на одного городского жителя. Обычный служащий «производит» в виде мусора, официальных бумаг, остатков пищи, использованных бумажных полотенец, газет и других отходов столько же, сколько дома.

Таблица 5.1

Основные источники образования отходов различных производств и их виды

Основное производство	Основные процессы образования отходов	Виды отходов
Водоснабжение, водоотведение и теплоснабжение	Изготовление и установка элементов систем водоснабжения, водоотведения и отопления в домах, учреждениях и на предприятиях	Обрезки труб, резина, бумага, изоляционные и конструкционные материалы, строительный мусор
Предприятия перерабатывающей промышленности АПК	Переработка, упаковка и перевозка	Отходы мяса, жира, масла, кости, овощей, фруктов и др.
Лесопильные и деревообрабатывающие заводы, мебельные комбинаты и фабрики	Изготовление и обработка пиломатериалов, деревянных конструкций и изделий, домашней, конторской и мягкой мебели и оборудования, перегородок, конторского и торгового оборудования	Деревянные отходы, стружка, опилки, металлы, пластмассы, ткани, клеи, шпаклевка, краска, растворители, ткани, набивочный материал
Швейное производство	Раскрой, пошив, сортировка по размерам, глажение	Ткани, нитки, металлы, пластмассы, резина, кожа, мех

Продолжение таблицы 5.1

Основное производство	Основные процессы образования отходов	Виды отходов
Картонно-целлюлозные комбинаты, типографское и издательское дело	Изготовление бумаги и картона, переработка бумаги и картона, изготовление упаковочного материала, издание газет и литературы, литографическая печать, гравирование и переплетные работы	Обрывки бумаги и тканей, химикалии, вещества, служащие наполнителями бумаги, картон, типографская краска, клей, металлы
Химическое и фармацевтическое производство	Обработка и изготовление неорганических химикатов, включая лаки, краски, взрывчатые вещества, лекарства, супы и другие материалы	Органические и неорганические химикаты, металлы, пластмассы, резины, стекло, масла, лаки, растворители, пигменты
Резинотехническая промышленность	Изготовление синтетического каучука и полимера	Остатки каучука и пластмасс, ламповая сажа, отвердители и красители, металлы
Овчинно-шубное и кожевенное производство	Дубление и выделка кожи и меха, раскрой и пошив изделий	Обрезки кожи и меха, пряжа, красители, реактивы для обработки и дубления кожи и меха
Металлургическая промышленность	Плавление, отливка, ковка, волочение, прокат, формование, штамповка	Лом черных и цветных металлов, окалина, формовочные смеси, связующие материалы, шлаки

Продолжение таблицы 5.1

Основное производство	Основные процессы образования отходов	Виды отходов
Металло-обработывающая промышленность и машиностроение	Изготовление металлической тары, инструмента, скобяных изделий, водопроводной арматуры, строительных конструкций, оборудования и машин, судов для строительной, горной, транспортной промышленности и флота	Металлолом, формовочные смеси, дерево, пластмассы, смолы, резина, ткани, кожа, краски, растворители, нефтепродукты, гальваношлаки, стекло
Электротехническая промышленность	Изготовление электротехнического оборудования, приборов и средств связи с использованием станочного оборудования, волочения, формования. Сварки, штамповки, гальваники, сушки и пайки	Металлолом, графит, стекло, редкие и цветные металлы, резина, пластмассы, смолы, стекловолноко, обрезки ткани, краски, растворители
Производство строительных материалов и стекла	Производство цемента, гипса, обработка камня и изготовление изделий из камня, абразивов, асбестоцементных изделий, получение и обработка стекла	Стекло, цемент, глина, керамика, гипс, асбест, камень, бумага, абразивы

Основное производство	Основные процессы образования отходов	Виды отходов
Приборостроение	Изготовление аудио- и видеоаппаратуры, лабораторных и исследовательских приборов	Металлы, стекло, пластмассы, смолы, кожа, резина, кость, пластмассы, ткани, клеи, краски, растворители
Производство ювелирных изделий и украшений	Изготовление ювелирных изделий из драгоценных металлов и металлических украшений с различными покрытиями, игрушек, спортивных товаров, пуговиц, значков и медалей	Металлы, стекло, пластмассы, кожа, резина, кость, ткани, солома, клеи, краски, растворители, гальваношлаки

Из огромных объемов добываемого в мире минерального сырья, исчисляемого десятками миллиардов тонн, непосредственно в производстве используется лишь 5 %–10 %. Остальное добываемое сырье представляет собой отходы горнодобывающих и горноперерабатывающих производств. Эти отходы включают некондиционные полезные ископаемые, вскрышные и вмещающие породы, отходы обогащительного и металлургического производств, отходы энергетического хозяйства и составляют большую часть (70 %–80 %) от всей массы твердых, жидких и газопылевых отходов всех основных производств.

Все промышленные отходы различаются по классам токсичности и степени опасности (табл. 5.2). Класс токсичности определяют на основе ПДК химических веществ, содержащихся в отходах. Индекс токсичности каждого компонента твердых отходов рассчитывают по формуле (5.1), а суммарный индекс токсичности – по формуле (5.2), с помощью которого по табл. 5.2 определяют класс токсичности и соответствующую ему степень опасности отхода:

$$K_i = \frac{\text{ПДК}_i}{(S + C_b)_i}, \quad (5.1)$$

где ПДК_{*i*} – предельно допустимая концентрация токсичности вещества, содержащегося в отходе;

S – коэффициент, отражающий растворимость его в воде (величина безразмерная);

C_b – содержание данного компонента в общей массе отходов;

i – порядковый номер данного компонента;

$$K_\Sigma = \frac{1}{n^2 \sum_{i=1}^{i=n} K_i}, \quad (5.2)$$

где *n* – выбранное число компонентов, имеющих минимальные значения *K_i*, причем *K₁* < *K₂* < *K₃* и 2*K₁* < *K₃*.

Таблица 5.2

Классификация опасности отходов производства на основе ПДК химических веществ, содержащихся в них

Расчетное значение K_Σ	Класс токсичности	Степень опасности отходов
Менее 2	I	Чрезвычайно опасные
2–6	II	Высокоопасные
16–30	III	Умеренно опасные
Более 30	IV	Малоопасные

В соответствии с правилами охраны окружающей среды от отходов производства и потребления использование, обезвреживание и захоронение отходов I, II, III классов, а при необходимости и IV класса токсичности осуществляют на специализированных предприятиях или на полигонах по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов, обустроенных в соответствии со строительными нормами и правилами (СНиП). Границы территорий, отведенных для размещения опасных отходов, должны находиться на расстоянии не менее 3 тыс. м от границ городов и населенных пунктов, лесопарковых, курортных, лечебно-оздоровительных, рекреационных зон

и зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения, а также в районах развития геотектонических структур, образований и процессов.

Кроме того, часть промышленных отходов, полученных на одной стадии производства, может быть использована в качестве исходного материала на другой стадии, если он удовлетворяет техническим требованиям и условиям его применения. Другую часть отходов утилизируют совместно с твердыми бытовыми отходами на полигонах или санкционированных свалках. Третью часть промышленных отходов, относящихся к наиболее опасной категории, обезвреживают и захоранивают на специальных полигонах.

Специальные полигоны организуют двух видов: специализированные и комплексные.

Специализированные полигоны предназначены для обезвреживания одного вида отходов только захоронением или химическим способом.

Комплексные полигоны предназначены для централизованной переработки и обезвреживания твердых, пастообразных и жидких отходов несколькими способами. Территорию комплексных полигонов разделяют в зависимости от вида отходов на зоны: приема и обезвреживания твердых неогораемых отходов; приема и захоронения жидких и химических отходов и осадков сточных вод, не подлежащих утилизации; захоронения особо вредных отходов; огневого уничтожения горючих отходов (отходов нефтесточков, твердых горючих отходов и др.).

Для захоронения промышленных отходов используют котлованы глубиной до 10–12 м, разбитые на карты-котлованы размерами в плане до 200×200 м, и штабеля высотой до 9–10 м, а для особо вредных отходов – специальную тару, размещаемую в котлованах, и железобетонные резервуары.

Основание полигонов должно быть водонепроницаемым, поэтому в основании карт-котлованов и штабелей обязательно устройство противодиффузионных экранов и разгрузочных дренажей, исключаящих эмиссию загрязняющих веществ в окружающую среду.

При обезвреживании жидких отходов производства на специализированных полигонах в котлованах их загущают высушенной до 0,5%-й влажности и измельченной глиной.

Отходы гальванического производства и отходы, содержащие неорганические соединения, обезвреживают каскадным методом последовательной химической нейтрализации по следующей технологической схеме:

- осаждение взвесей механических примесей и солей из жидких отходов, принимаемых в первом котловане;
- поддержание окислительно-восстановительных процессов во втором котловане после перекачки отходов из первого и их активизация за счет добавления соответствующих отходов или химических реактивов;
- осаждение гидроокисей металлов в третьем котловане за счет добавления промышленных отходов, имеющих реакцию среды $pH \geq 7$;
- перекачка жидких обезвреженных отходов в четвертый котлован для отстаивания, из которого осветленную жидкость подают на испарение.

Смолообразные и взрывоопасные жидкости и суспензии обезвреживают огневым (термическим) способом ликвидации токсичных отходов. Для обезвреживания таких отходов используют реакторы циклического типа, оборудованные форсунками, через которые подают отходы в камеру сжигания для их уничтожения и NaOH для снижения токсичности отходящих газов. Например, взрывоопасные жидкости, суспензии и пасты, содержащие высокотоксичные минеральные включения, сжигают в цилиндрических вертикальных печах с верхним отводом отходящих газов. Внутренняя поверхность камеры сжигания печей футерована диатомовым и шамотным кирпичом. Отходы на сжигание подают в жидком виде диспергаторами, выполненными в виде труб диаметром 10–20 мм. Для поддержания режима обезвреживания (процесса горения) отходов в камеры сжигания подают топливо из специальной емкости насосом с последующим распылением его форсунками, установленными на линии подвода воздуха в нижней части камеры горения.

Промышленные сточные воды химической промышленности, содержащие токсичные вещества и ядохимикаты, обезвреживают в топках и реакторах циклического действия, в которых при высоких температурах токсичные органические соединения полностью ликвидируются.

Токсичные твердые горючие отходы сжигают в установках, укомплектованных вращающейся печью непрерывного действия

диаметром 2 м и длиной 10 м. Растопка печей и стабилизация в них процесса горения отходов обеспечиваются подачей через форсунки жидкого топлива.

Промышленные отходы, допускаемые для совместного складирования с ТКО, должны отвечать следующим требованиям: иметь влажность не более 85 %, не быть взрывоопасными, самовоспламеняющимися, самовозгорающимися. Основным санитарным условием совместного захоронения промышленных и бытовых отходов является требование – их токсичность не должна превышать токсичность бытовых отходов.

Промышленные отходы IV класса опасности, принимаемые без ограничения в количественном отношении, используют в качестве изолирующего материала, укладываемого по верху отсыпаемых слоев ТКО. К таким отходам относят: алюмосиликатный шлак, шлак с фильтров-прессов при производстве силиката; кремнезем, гранулированный шлак производства соды; отходы дистилляции в виде CaSO_4 содово-цементного производства; хлорид-натриевые осадки сточных вод производства эпоксидных смол; формовочные стержневые смеси, не содержащие тяжелых металлов; графит отработанный производства карбида кальция; асбестоцементный лом, асбестовая крошка; твердые отходы шиферного производства; отходы бентонита; известь-кипелка, известняк, шламы после гашения; твердые отходы химически осажденного мела, окись алюминия в виде отработанных брикетов (при производстве AlCl_3), сплав солей сульфата натрия; силикагель (из адсорберов осушки нетоксичных газов); хлорная известь нестандартная, шлаки теплоэлектростанции (ТЭЦ), котельных, работающих на угле, торфе, сланцах или ТКО, шлифовальные материалы.

Перечисленные отходы характеризуются содержанием токсичных веществ в водной вытяжке (1 л воды на 1 кг отходов). По интегральным показателям – БПК₂₀ и ХПК – не выше 300 мг/л, что соответствует токсичным веществам, содержащимся в фильтрате ТКО. Кроме того, такие отходы должны иметь однородную структуру при размере отдельных фракций менее 250 мм.

Промышленные отходы, характеризующиеся содержанием в водной вытяжке токсичных веществ на уровне фильтрата из ТКО и значениями БПК₂₀ и ХПК в пределах 3400–5000 мг/л и относящиеся к III и IV классам опасности, можно захоранивать совместно с ТКО в ограниченном количестве (не более 30 % массы принимаемых ТКО).

Отходы производства, содержащие радиоактивные, взрывоопасные, легковоспламеняющиеся, самовозгораемые, а также чрезвычайно опасные, высокоопасные и иные особо опасные вещества, запрещено вывозить на полигоны ТКО для совместного их захоронения. Запрещено вывозить люминесцентные лампы и ртутьсодержащие отходы, отходы черных и цветных металлов, отработанные нефтепродукты (минеральные масла, топливо, плавающие нефтепродукты из очистных сооружений), отработанные эмульсии, смазочно-охлаждающие жидкости, отработанные растворители. Не принимаются для захоронения на свалках осадки очистных сооружений и станций нейтрализации производственных сточных вод, шламы гальванических ванн и ванн травления, растворы и электролиты, отходы лакокрасочных материалов, кубовые остатки и другие горючие отходы. Не подлежат утилизации на свалках и полигонах ТКО изношенные покрышки, камеры, кислотные и щелочные аккумуляторные батареи, отходы, загрязненные нефтепродуктами (ветошь, опилки, бумага и т. п.), осадки очистных сооружений ливневой канализации и мойки автомобилей, а также больничные отходы.

К больничным отходам относят отходы лечебных учреждений, медицинских научно-исследовательских институтов (особенно туберкулезных и венерологических отделений), а также ветеринарных лечебниц, которые в инфекционном отношении опаснее, чем ТКО.

Больничные отходы включают специфические компоненты – перевязочный материал, операционные отходы, гипсовые повязки, трупы животных, остатки кормов и подстилку. К отходам с повышенной санитарной опасностью относят и отходы парикмахерских. Полностью больничные отходы обезвреживают термическим методом. Однако из-за низкой теплотворной способности больничных отходов (2800–3200 кДж) для полного их сжигания требуется дополнительный расход топлива (жидкого или газа).

5.2. Отходы сельскохозяйственного производства

При выращивании и уборке урожая, переработке, хранении и подготовке к продаже продуктов сельского хозяйства также образуются отходы. По данным зарубежных специалистов сельского

хозяйства, от всей массы кукурузы, выращенной для консервирования, примерно 50 % составляют полевые отходы, около 30 % – отходы обработки и менее 20 % – само зерно в консервированном виде. При выкашивании риса образуется большое количество соломы, а обмолот риса дает 20 % шелухи, содержащей 18 % двуокиси кремния, трудносжигаемой и не находящей никакого применения. К отходам при производстве сельскохозяйственных культур относят также отходы урожая, главным образом это листья, стебли, обрезки, падалица и отбракованные фрукты в виде влажных отходов, жнивье и солома, скорлупа и шелуха, мешки из-под удобрений и т. п.

Большие объемы отходов образуются в животноводстве и птицеводстве. Одна молочная ферма со 100 дойными коровами дает примерно 14 т твердых отходов в сутки. Один откормочный комплекс на 10 тыс. голов крупного рогатого скота может дать 260 т отходов в сутки.

На птицефабрике производительностью 1 млн яиц в сутки образуется около 50 т отходов ежесуточно. Основные сведения о твердых отходах, получаемых на животноводческих фермах и птицефабриках, приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Основные сведения о твердых отходах животноводства и птицеводства

Источники отходов отраслей сельского хозяйства	Образование навоза на 1 гол. в год, т	Вид основных отходов	Состав твердых отходов
Животноводство:		Древесина, мешки из-под удобрения, навоз, туши животных, пестициды, инсектициды, фунгициды, глистогонные средства и антибиотик	Опилки, щепа, сучья, обрезки, лигнин, органические волокна, азот, фосфор, калий, белки, жиры и сало, углеводы, аммиак и нитраты
– крупный рогатый скот	10		
– лошади, мулы	10		
– свиньи	8		
– овцы	3		

Источники отходов отраслей сельского хозяйства	Образование навоза на 1 гол. в год, т	Вид основных отходов	Состав твердых отходов
Птицеводство (домашняя птица):		Древесина, мешочки из-под удобрения, птичий помет, тушки птицы	Аммиак и нитраты, белки и им подобные вещества, мясо, кровь, различные жиры, хлор-содержащие, органические и неорганические соединения, фосфор, соль
– бройлерные	0,005		
– цыплята	0,025		
– индюшки	0,05		
– куры-несушки	0,05		
– утки, голуби, куропатки	0,05		
Комнатные животные:		–	–
– кошки	0,6		
– собаки	0,1		

Наибольшую часть твердых отходов в животноводстве составляет навоз. Утилизируют его, как правило, путем вывоза на поля с последующей заправкой в почву. Удобрительная ценность навоза зависит от способа содержания скота и метода его удаления. Как показывает отечественный опыт, лучшей удобрительной ценностью обладают органические удобрения (навоз), получаемые при подстилочном содержании скота с механизированной системой удаления навоза по сравнению со стойловым содержанием скота и гидромеханизированной системой удаления навоза.

5.3. Отходы потребления

В отходы потребления входят изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или

морального износа. К отходам потребления относят ТКО, образующиеся в результате жизнедеятельности людей.

Источники образования отходов: жилые индивидуальные и многоэтажные дома; хозяйственные учреждения, магазины, культурные заведения, предприятия общественного питания, гостиницы, бензоколонки; коммунальные службы (снос и строительство зданий, уборка улиц, зеленое строительство, парки, пляжи, остаточные продукты от сжигания и переработки мусора, водоснабжения и водоотведения); учреждения (вузы, школы, дошкольные учреждения, больницы, тюрьмы); промышленность; сельское хозяйство.

В крупных городах промышленные отходы составляют 45 %; отходы, образующиеся на очистных сооружениях систем водоснабжения и водоотведения – 31; твердые коммунальные отходы – около 17; осадки ливневых очистных сооружений – около 4,8; отходы от зеленого хозяйства города – около 2,17; радиоактивные отходы – около 0,03 %.

Доминирующими составляющими образующихся в городах отходов являются промышленные отходы, иловой осадок сточных вод городских канализаций и ТКО.

На станциях аэрации ежедневно образуются осадки сточных вод, состоящие из отработанного биологически активного ила, а также песка, частиц текстиля, бумаги и других материалов и предметов. Отработанный ил содержит недопустимое количество солей тяжелых металлов и других загрязняющих веществ, поэтому не может быть использован как удобрение в зеленом городском хозяйстве.

Осадок сточных вод складировуют на станциях аэрации, подавая их (влажностью около 97 %) по системе трубопроводов на иловые карты полей фильтрации для последующей подсушки в течение нескольких лет (до влажности 87 %). Далее подсушенный осадок из иловых карт вывозят, как правило для захоронения.

Долгое хранение осадка сточных вод на иловых картах полей фильтрации представляет опасность для подземных вод и почвы.

Осадки ливневых стоков также представляют экологическую опасность, прежде всего из-за содержания в них взвешенных и растворимых веществ, нефтепродуктов, хлоридов. Они загрязняют реки и водоемы, расположенные в пределах города или населенного пункта.

Отходы зеленого городского хозяйства – в основном листья и сучья, образующиеся естественным путем и в результате обрезки, – практически безвредны для окружающей городской среды. В Западной Европе их сортируют, измельчают и укладывают в бурты для последующего аэробного компостирования на специально подготовленных площадях. Получаемый при этом компост используют вновь в городском зеленом хозяйстве.

Радиоактивные отходы являются потенциальным источником радиоактивного заражения. Как правило, это отработанные радиоактивные источники различных приборов, медицинских установок, научного оборудования.

В состав городских отходов входят и строительные, образующиеся при сносе и реконструкции зданий и сооружений, производстве строительных материалов, деталей и конструкций, ремонте жилья, инженерных сетей и сооружений. Как показывает практика, в разрушаемых строительных конструкциях присутствуют вредные вещества (асбестовые продукты, отвалный материал с повышенной радиоактивностью, использованный для изготовления бетонных и железобетонных конструкций, средства защиты деревянных частей зданий и сооружений, битум, гудрон, деготь, краски и другие виды загрязняющих веществ).

В то же время отходы строительного производства представляют собой вторичное сырье, использование которого после переработки на вторичный щебень и на песчано-гравийную смесь может снизить затраты на новое строительство и одновременно нагрузку на городские полигоны, исключив образование несанкционированных свалок.

Редко принимают в расчет такой источник образования отходов в городе, как подлежащие рекультивации: ранее образовавшиеся несанкционированные свалки. Это старые, стихийно образовавшиеся свалки, выделяющие метан и содержащие соли тяжелых металлов, загрязненные радиоактивными материалами, которые отравляют подземные воды, почву, атмосферный воздух.

Наиболее сложная задача для городских властей – утилизация ТКО, образующихся в жилых и общественных зданиях от населения. Нормы накопления – это количество отходов, образующихся на расчетную величину (в жилом секторе – человек; в гостинице – одно место; для магазинов и складов – 1 м² торговой площади и т. д.)

в единицу времени (день, год). Нормы накопления определяют в единицах массы (кг) или объема (л, м³). На нормы накопления и состав ТКО влияют наличие мусоропровода, газа, водопровода, канализации, системы отопления, этажность, вид топлива при местном отоплении, степень развития общественного питания, культура торговли, уровень благосостояния населения. На объем образования золы и шлака главным образом влияет продолжительность отопительного периода. Потребления населением овощей и фруктов также влияет на нормы образования отходов. Для крупных городов нормы накопления отходов выше, чем для средних и малых. Ориентировочные нормы накопления ТКО, образующихся в жилых зданиях и в отдельно стоящих объектах общественного назначения, приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Ориентировочные нормы накопления ТКО, образующихся в жилых зданиях и в отдельно стоящих объектах общественного назначения

Объект образования отходов	Расчетная единица	Нормы накопления ТКО в год		Средняя плотность, кг/м ³
		кг	м ³	
Жилые дома благоустроенные	на 1 человека	180–225	0,90–1,10	190–220
Жилые дома неблагоустроенные	на 1 человека	350–450	1,20–1,50	300
Жидкие отходы из непроницаемых выгребов домов без канализации	на 1 человека	–	2,00–3,25	1000
Гостиница	на 1 место	120	0,70	170
Детский сад, ясли	то же	95	0,40	240
Учебные заведения	на 1 участок	24	0,12	200
Театр, кинотеатр	на 1 место	30	0,20	150
Учреждение	на 1 сотрудника	40	0,22	180
Продовольственный магазин	на 1 м ² торговой площади	160–250	0,80–1,50	160–190

Окончание таблицы 5.4

Объект образования отходов	Расчетная единица	Нормы накопления ТКО в год		Средняя плотность, кг/м ³
		кг	м ³	
Промтоварный магазин	на 1 м ² торговой площади	80–200	0,50–1,30	150–160
Рынок	на 1 м ² торговой площади	100–200	0,60–1,30	160–170
Санатории, пансионаты, дома отдыха	на 1 место	250	1,00	250
Вокзалы, автовокзалы, аэропорты	на 1 м ² площади	125	0,50	250
Больницы	на 1 койку	228	0,69	330
Поликлиники	на 1 посещение	30	0,156	190

Как видно из данных табл. 5.4, нормы накопления отходов от учреждений и предприятий общественного назначения в крупных городах составляют 30 %–50 % от норм накопления от жилых зданий.

Объемы накопления ТКО и их морфологический состав разнообразны и зависят не только от экономических условий страны, но и времени года и многих других факторов. Сравнение морфологических составов ТКО, образующихся в странах с различным уровнем дохода, показано на рис. 5.2. Изменение морфологического состава ТКО в зависимости от климатических зон приведено в табл. 5.5.

В проблеме удаления ТКО большое значение имеют использованные упаковочные материалы (выброшенные консервные банки и бутылки, коробки из-под сигарет), а также газеты и журналы, бумажные и целлофановые пакеты и другие подобные предметы.

Упаковочные материалы (бумага, картон, стекло, металл, дерево и пластмасса) – только часть всех ТКО, которая составляет около 20 % отходов, а остальные – это пищевые отходы, срезанная трава

газонов и листья, зола, газеты и журналы, выброшенные игрушки и инструменты, тряпки, мебель и другие предметы (новогодние елки, изношенные шины, батарейки, стиральные машины, телевизоры и холодильники), составляющие около 80 % отходов, поступающих от населения.

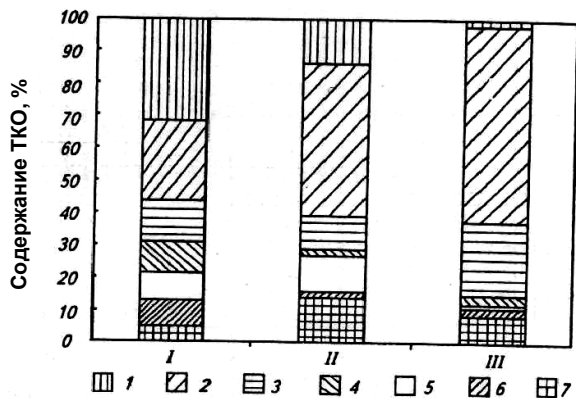


Рис. 5.2. Морфологический состав ТКО, образующихся в странах с различными экономическим условиями:

I – с развитой экономикой; II – с переходным периодом развития экономики; III – слаборазвитые;
 1 – бумага; 2 – органика; 3 – другие отходы; 4 – стекло;
 5 – пластик; 6 – металлы; 7 – текстиль, резина, кожа

Таблица 5.5

Морфологический состав ТКО, образующихся в разных климатических зонах, % массы

Компонент	Климатическая зона		
	средняя	южная	северная
Пищевые отходы	35–45	40–49	32–39
Бумага, картон	32–35	22–30	26–35
Дерево	1–2	1–2	2–5
Черный металлолом	3–4	2–3	3–4
Цветной металлолом	0,5–1,5	0,5–1,5	0,5–1,5
Текстиль	3–5	3–5	4–6
Кости	1–2	1–2	1–2
Стекло	2–3	2–3	4–6

Компонент	Климатическая зона		
	средняя	южная	северная
Кожа, резина	0,5–1,0	1	2–3
Камни, штукатурка	0,5–1,0	1	1–3
Пластмасса	3–4	3–6	3–4
Прочее	1–2	3–4	1–2
Отсев	5–7	6–8	4–6

На технологию и организацию сбора отходов, транспортировку и параметры оборудования мусороперерабатывающих заводов влияет фракционный состав ТКО (процентное содержание массы компонентов, проходящих через сита с ячейками различного размера) (табл. 5.6).

Таблица 5.6

Ориентировочный морфологический и фракционный состав ТКО, % массы

Компонент	Размер фракции, мм				
	более 250	150–250	100–150	50–100	менее 50
Пищевые отходы	–	0–1,0	2,0–10,0	7,0–12,6	17,0–21,0
Картон, бумага	3,0–8,0	8,0–10,0	9,0–11,0	7,0–8,0	2,0–5,0
Дерево	0,5	0–0,5	0–0,5	0,5	0–0,5
Металл	–	0–1,0	0,5–1,0	0,8–1,6	0,3–0,5
Текстиль	0,2–1,3	1,0–1,5	0,5–1,0	0,3–0,8	0–0,6
Кости	–	–	–	0,3–0,5	0,5–0,9
Стекло	–	0–0,3	0,3–1,0	1,0–2,0	1,0–1,6
Кожа, резина	–	0–1,0	0,5–2,0	0,5–1,5	–

Компонент	Размер фракции, мм				
	более 250	150–250	100–150	50–100	менее 50
Камни, штукатурка	–	–	0,2–1,0	0,5–1,8	0,5–2,0
Пластмасса	0–0,2	0,5–1,0	1,0–2,2	1,0–2,5	0,2–0,5
Прочее	0–0,3	0,2–0,6	0–0,5	0–0,4	0–0,5
Отсев	–	–	–	–	4,0–6,0
Всего	7,0	13,3	22,1	25,3	32,3

В табл. 5.6 не вошли сведения о крупногабаритных отходах (старая мебель, холодильники, стиральные машины, обрезки деревьев, крупная упаковочная тара), т. е. ТКО, не вмещающиеся в стандартные ($0,75 \text{ м}^3$) контейнеры и собираемые отдельно. Фракционный состав, как и морфологический, несколько меняется по сезонам года и отличается в разных климатических зонах.

6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. Воздействие энергетических установок на окружающую среду

Энергетические объекты – топливно-энергетический комплекс в целом и объекты энергетики в частности – принадлежат к числу наиболее интенсивно воздействующих на окружающую среду.

У энергетики наиболее высокие темпы развития и масштабы производства. Доля участия энергетических предприятий в загрязнении окружающей среды продуктами сгорания органических видов топлива, содержащих вредные примеси, а также отходами низкопотенциальной теплоты значительна. От типа энергоустановок зависит их влияние на окружающую среду.

Воздействие тепловых электростанций на окружающую среду во многом зависит от вида сжигаемого топлива (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Выбросы в атмосферу ТЭС мощностью 1000 МВт в год, т [16]

Топливо	Выбросы				
	Углерод	СО	NO _x	SO ₂	Частицы
Уголь	400	2000	27 000	110 000	3000
Нефть	470	700	25 000	37 000	1200
Природный газ	34	–	20 000	20,4	500

При сжигании твердого топлива в атмосферу поступают летучая зола с частицами недогоревшего топлива, сернистый и серный ангидриды, оксиды азота, некоторое количество фтористых соединений, а также газообразные продукты неполного сгорания топлива. Уголь – самое распространенное ископаемое топливо на нашей планете. Специалисты считают, что его запасов хватит на 500 лет. При энергетическом использовании торфа имеет место ряд отрицательных последствий для окружающей среды, возникающих в результате добычи торфа в широких масштабах. К ним относятся нарушение режима водных систем, изменение ландшафта и почвенного покрова

в местах торфодобычи, ухудшение качества местных источников пресной воды и загрязнение воздушного бассейна, резкое ухудшение условий существования животных.

При сжигании жидкого топлива, например мазутов, с дымовыми газами в атмосферный воздух поступают сернистый и серный ангидриды, оксиды азота, соединения ванадия, солей натрия, а также вещества, удаляемые с поверхности котлов при чистке. С точки зрения экологии жидкое топливо более гигиенично.

При использовании природного газа существенным загрязнителем атмосферы являются оксиды азота. Однако выброс оксидов азота при сжигании на тепловых электростанциях (ТЭС) природного газа в среднем на 20 % ниже, чем при сжигании угля.

В теплоэнергетике источником массированных атмосферных выбросов и крупнотоннажных твердых отходов являются теплоэлектростанции, предприятия и установки паросилового хозяйства, т. е. любые предприятия, работа которых связана со сжиганием топлива.

Основная часть выбросов приходится на углекислый газ – около 1 млн т, в пересчете на углерод – 1 Мт. Со сточными водами тепловой электростанции ежегодно удаляется 66 т органики, 82 т серной кислоты, 26 т хлоридов, 41 т фосфатов и почти 500 т взвешенных частиц.

Коэффициент полезного действия энергетических установок пока невелик и составляет 30 %–40 %. Загрязнение и отходы энергетических объектов в виде газовой, жидкой и твердой фаз распределяются на два потока: один вызывает изменения глобальные, другой – региональные и локальные. На современном этапе тепловые электростанции выбрасывают в атмосферу около 20 % от общего количества всех вредных отходов промышленности. Представляет опасность и так называемое тепловое загрязнение водоемов с многообразными нарушениями их состояния. ТЭС производят энергию при помощи турбин, приводимых в движение нагретым паром. При работе турбин необходимо охлаждать водой отработанный пар: от энергетической станции непрерывно отходит поток воды, подогретой обычно на 8 °С–12 °С и сбрасываемой в водоем. Крупные ТЭС нуждаются в больших объемах воды. Они сбрасывают в подогретом состоянии 80–90 м³/с воды.

В перспективе мировое производство энергии гидроэлектростанциями (ГЭС) не будет превышать 5 % от общей. Одной из важнейших причин уменьшения доли энергии, получаемой на ГЭС, является значительное воздействие всех этапов строительства и эксплуатации гидросооружений на окружающую среду (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Воздействие предприятий гидроэнергетики на окружающую среду

Технологический процесс	Влияние на элементы среды и живые системы				Примеры цепных реакций в биосфере
	Почвы и грунт	Воздух	Воды	Экосистемы и человек	
Строительство ГЭС	Разрушение почв и грунтов на стройплощадках, подъездных путях, хозяйственных объектах и т. п.; перемещение больших масс грунтов, особенно при строительстве плотин и обваловании водохранилищ	Аэрозольное загрязнение продуктами разрушения почв, строительных материалами (особенно цементом); химическое – в небольших объемах, в основном от работы техники, предприятий	Некоторое нарушение режима и загрязнения в местах строительства (обводные каналы и т. п.)	Частичное разрушение экосистем и их элементов (растительности, почв), фактор беспокойства для животных, интенсивный промысел и т. п. Влияние на человека в основном через изменения среды и социальные факторы	Текущая вода (река) → водохранилище → накопление химических веществ (эвтрофикация) плюс тепловое загрязнение → зарастание водоема (цветение) → обогащение органикой → превращение экосистемы транзитного типа в аккумулятивно-застойную → порча воды → болезни рыб → потеря пищевых или вкусовых свойств воды и продуктов промысла

Технологический процесс	Влияние на элементы среды и живые системы				Примеры цепных реакций в биосфере
	Почвы и грунт	Воздух	Воды	Экосистемы и человек	
Работа ГЭС	То же, что и при затоплении, а также многолетнее разрушение береговой линии (абразия), формирование новых типов почв в прибрежной зоне	Повышение влажности, понижение температур, туманы, местные ветры, часто неприятный запах от гниения органических остатков	Загрязнение в результате стоков с водосбросов и разложения больших масс органики, почв, растительных остатков, древесины и т. п., образование фенолов, накопление биогенов и других веществ; усиленное прогревание, особенно мелководий (тепловое загрязнение), эвтрофикация, цветение, потеря кислорода, накопление тяжелых металлов, ила, радиоактивных и других веществ, порча воды	Формирование новых экосистем (в основном луговых и болотных) в зоне подтопления, зарастание вод. Цветение, нарушение миграции рыб и других гидробионтов, смена более ценных видов менее ценными, заболевания рыб (гельминты и другие паразиты), забивание жаберных щелей рыб водорослями, разрушение нерестилищ и зимовальных ям. Потеря вкусовых качеств рыб. Увеличение вероятности заболеваний людей при контакте с водными массами (купание и т. п.) и продуктами промысла	–

Технологический процесс	Влияние на элементы среды и живые системы				Примеры ценных реакций в биосфере
	Почвы и грунт	Воздух	Воды	Экосистемы и человек	
Заполнение водохранилищ	Уход под воду плодородных пойменных земель (затопление), подъем грунтовых вод в прибрежной зоне (подтопление, заболачивание). В горных условиях такие явления выражены в меньшей степени	Дополнительное испарение с чаши водохранилищ	Смена текущих вод на застойные, неизбежное загрязнение водохранилищ быстрорастворимыми или взмучиваемыми веществами при заполнении чаши водохранилищ и формировании берегов	Полное уничтожение сухопутных экосистем (сведение лесов или их гибель от подтопления, часто оставление всей биомассы в зоне затопления), смена прибрежных экосистем. Неизбежное переселение людей из зоны затопления, социальные издержки	Давление высоких масс на ложе водохранилищ → интенсификация сейсмических явлений

Значительные площади земель вблизи водохранилищ подтапливаются в результате повышения уровня грунтовых вод. Эти земли, как правило, переходят в категорию заболоченных. В равнинных условиях подтопленные земли могут составлять 10 % и более от затопленных. Водоохранилища оказывают заметное влияние на атмосферные процессы. С повышенным испарением связано понижение температуры воздуха, увеличение туманных явлений. Имеющее место загрязнение воды вызвано не технологическими процессами производства электроэнергии на ГЭС (объемы загрязнений, поступающие со сточными водами ГЭС, составляют ничтожно малую долю в общей массе загрязнений хозяйственного комплекса), а низкое качество санитарно-технических работ при создании водохранилищ и сброс неочищенных стоков в водные объекты. Ядерная энергетика в настоящее время может рассматриваться как наиболее перспективная. Это связано как с относительно большими запасами ядерного топлива, так и со щадящим воздействием на среду. К преимуществам относится также возможность строительства атомных электростанций (АЭС), не привязываясь к месторождениям ресурсов. Ядерное топливо в количестве 0,5 кг позволяет получать столько же энергии, сколько сжигание 1000 т каменного угля (табл. 6.3). Опыт эксплуатации АЭС во всех странах показывает, что они не оказывают заметного влияния на окружающую среду (табл. 6.4).

Таблица 6.3

Расход топлива и загрязнение окружающей среды
(за год при мощности АЭС и ТЭС по 1000 МВт)

Фактор воздействия на среду	ТЭС	АЭС
Топливо	3,5 млн т угля	1,5 т или 1000 т урановой руды
Отходы:		
– углекислый газ	10 млн т	–
– сернистый ангидрид и др. соединения	400 тыс. т	–
– зола	100 тыс. т	–
– радиоактивные	–	2 т

Воздействие электростанций на окружающую среду
в зависимости от используемого топлива

Топливо	Вредные выбросы	Воздействие на окружающую среду
Уголь, мазут	Двуокись серы. Углекислый газ. Бензапирен	Кислотные дожди. Парниковый эффект. Загрязнение, деградация экосистем от продуктов сгорания, производства и транспортировки топлива
Природный газ	Двуокись азота. Углекислый газ	
Ядерное топливо	Радиоактивность	Радиоактивность ниже установленных норм и естественного фона

При работе АЭС выбросы радиоактивных элементов в окружающую среду незначительны. В среднем они в 2–4 раза меньше, чем от ТЭС такой же мощности.

Радиационная обстановка воздушной среды контролируется на различных удалениях в радиусе до 60 км от АЭС, причем служба внешней дозиметрии на всех постах проводит кроме этого отбор проб почвы, воды и растительности.

6.2. Радиационно-экологические последствия для сельскохозяйственного производства после аварии на ЧАЭС

Наибольший ущерб от катастрофы на ЧАЭС понесло сельское хозяйство. В Республике Беларусь радиоактивному загрязнению подверглось более 1,87 млн га сельхозугодий. В большинстве радиологических ситуациях растения подвергаются внутреннему и внешнему облучению одновременно. При загрязнении объектов природной среды радионуклидами на начальном этапе радиоактивные вещества находятся на поверхности почвы и в контакте с массой растений. Особенностью внешнего некорневого пути загрязнения растений является то, что при осаждении радиоактивных аэрозолей происходит накопление всей совокупности радионуклидов в наземной части растений, тогда как при попадании радионуклидов

в почву значительная часть их прочно сорбируется и лишь часть поступает в растения.

Для количественной оценки значимости некорневого пути поступления радионуклидов в урожай принята величина коэффициента α первичного удержания, которое определяется следующим соотношением:

$$\alpha = \delta_p / \delta_v, \quad (6.1)$$

где α – коэффициент первичного удержания;

δ_p – плотность радиоактивного загрязнения наземной массы растений, Бк/м²;

δ_v – плотность выпадений, Бк/м².

Коэффициент первичного удерживания может измениться от нескольких процентов до 95 % и зависит от множества факторов: плотности растительного покрова, морфологии растений, метеорологических условий в момент выпадения радионуклидов и др. Со временем содержание радионуклидов в растительной массе снижается за счет распада изотопов, удаления радионуклидов с поверхности под воздействием дождя и ветра, прироста биомассы.

Различные виды растений по-разному удерживают радиоактивные осадки, что обуславливает большие различия в загрязнении урожая в целом. Кроме того, разные части и органы одного и того же растения по-разному реагируют на радионуклиды. Наиболее высоким содержанием радионуклидов отличаются вегетативные органы растений. Хозяйственно ценные части урожая многих растений достаточно надежно защищены от радиоактивных выпадений (зерно зерновых, бобовых культур; початки кукурузы; клубни картофеля, подземная часть корнеплодов). Загрязнение товарной продукции этих культур может происходить в последующие периоды в результате контакта с загрязненной соломой, ботвой, почвой при уборке урожая. Из ценных частей урожая максимальная концентрация радионуклидов наблюдается в зерне гречихи, наименьшая – в зерне гороха. Выпадение радиоактивных аэрозолей очень опасно для овощных культур, у которых товарная часть продукции не защищена (томаты, огурцы, капуста, листовые овощи).

Критическим продуктом растениеводства оказались естественные травы. При выпадении радиоактивных аэрозолей на луговую

и пастбищную растительность значительная часть радионуклидов (65 %–90 %) накапливается в дернинном слое, который в дальнейшем служит источником поступления радионуклидов в растение через основания стебля и поверхностные корни. Низкая продуктивность пастбищ, высокая концентрация цезия-137 в дернине обуславливает значительное поступление радионуклидов в организм коров при выпасе.

Со временем радиоактивные выпадения концентрируются в почве. Уже на второй год после аварии основным путем поступления радионуклидов в пищевые цепи являлось почвенное. Количественно переход радионуклидов из почвы в растения характеризуется коэффициентом накопления K_n , который определяется соотношением

$$K_n = C_p / C_n, \quad (6.2)$$

где C_p – концентрация радионуклида в растении, Бк/кг;

C_n – концентрация радионуклида в почве, Бк/кг.

Поступление радионуклидов из почвы в растения зависит от ряда факторов. Это агрохимические показатели почвы, гранулометрический и минералогический ее состав, свойства радионуклидов, агротехнические и агрохимические способы обработки почвы. Накопление радионуклидов в урожае путем поступления их из почвы зависит от видов и сортовых особенностей растений. В товарной части урожая в расчете на сухую массу больше всего радионуклидов содержат корнеплоды (свекла, морковь), несколько меньше – бобовые культуры (горох, вика), затем картофель и меньше всего зерновые злаковые культуры. Причем озимые зерновые накапливают в 2,0–2,5 раза меньше радионуклидов, чем яровые. По степени накопления радионуклидов овощные культуры можно расположить в следующий убывающий ряд: щавель, горох, боб, редис, свекла, морковь, картофель, салат, чеснок, лук, томаты, огурцы, капуста.

Меньше всего загрязняется кормовая свекла, т. к. это пропашная культура, которая высевается рядками. Кроме того, свекла имеет стержневую корневую систему, которая проникает в нижние чистые слои. Большое значение имеет высокая урожайность свеклы, что приводит к снижению концентрации радионуклидов. Картофель – культура со слаборазвитой корневой системой, которая составляет около 8 % от вегетативной массы. Именно поэтому под картофель вносят много органических удобрений, что способствует

снижению поступления радионуклидов в растение. Основная часть цезия-137 концентрируется в вегетативной массе картофеля, поэтому товарная часть растения загрязнена незначительно. Из овощных культур наиболее загрязненными радионуклидами являются культуры с малым вегетационным периодом.

В настоящее время продукция садов, как правило, чистая, т. к. основная масса корней деревьев находится ниже загрязненного слоя, хотя в первые годы после аварии на ЧАЭС имело место загрязнение садов.

В результате катастрофы на ЧАЭС радиоактивному загрязнению подверглось около $\frac{1}{4}$ площади лесов Республики Беларусь, что составляет около 1,7 млн га, из которых 180 тыс. га расположено в зоне с плотностью загрязнения от 155 до 1480 кБк/м².

При осаждении радиоактивных аэрозолей подстилающая поверхность выступает в роли аккумулятора радионуклидов. По способности задерживать радиоактивные выпадения элементы подстилающей поверхности образуют следующий убывающий ряд: хвойные, лиственные леса; луга и посевы; пашня. Наиболее чувствительны к действию ионизирующих излучений леса: они прочно удерживают радионуклиды, препятствуют развитию процесса ветрового и водного переноса радиоактивных веществ. Древесная растительность характеризуется более высокой способностью удерживать радионуклиды по сравнению с травянистой и выполняет роль фильтра радиоактивных выпадений.

После выпадения радионуклидов на лесную растительность начинается их вертикальная и горизонтальная миграция под действием ветра и атмосферных осадков. В результате основная часть радионуклидов сосредотачивается в лесной подстилке и почве, становясь доступной для усвоения корневыми системами. Это относится главным образом к долгоживущим радионуклидам цезию-137 и стронцию-90, т. к. при относительно длительном процессе миграции в подстилку и почву, который для стронция-90 составляет 45 лет в березовом и 8–9 лет в сосновом лесу, происходит распад короткоживущих и среднеживущих радионуклидов.

Благоприятным фактором для лесоиспользования является то, что из суммарного количества радионуклидов, выпавших в лесах, в древостое сосредоточено 3 %–4 %, в подстилке – 50 %–85 %, остальное – в минеральном слое почвы.

7. ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР КАК СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

7.1. Влияние человеческого фактора на производственный травматизм

Абсолютно безопасных производств не существует, всегда присутствует определенный риск травмирования, который может исходить как от самого человека и его неправильных (опасных) действий (человеческий фактор), а может не иметь к его особенностям непосредственного отношения (внешний риск). Виновниками большинства несчастных случаев являются сами пострадавшие. Эти данные свидетельствуют, что безопасный труд в значительной мере проблема психолого-педагогическая. Дополнительным подтверждением такого заключения может служить тот факт, что 9 несчастных случаев из 10 возникают обычно там, где не предусмотрены правила техники безопасности и технические средства защиты.

Главная причина такой ситуации заключается не столько в технике и организации труда, сколько в ошибках самого работника, который что-либо не предусмотрел или преднамеренно нарушил правила, пренебрег предусмотренными средствами защиты. Таким образом проявляется человеческий фактор, выражающийся в совершении человеком ошибочных, преднамеренных или непреднамеренных опасных действий или проявлений опасного бездействия, каждое из которых может обернуться несчастным случаем.

Опасное действие работника может быть следствием как одной причины, так и группы причин, которые сводятся к четырем группам:

- «не умеет»: работник не владеет необходимыми для данной работы знаниями, методами, приемами, не имеет соответствующих навыков;

- «не хочет»: работник способен качественно и безопасно выполнять данную работу, но не соблюдает требования безопасности, т. е. нет мотивации, не развита соответствующая психологическая установка;

- «не может»: работник находится в таком физическом или психологическом состоянии, что несмотря на умение и желание

допускает опасное действие. Немаловажное значение для поддержания физического состояния работника имеет и его возраст;

– «не обеспечен»: работник не исполняет предписанное действие из-за необеспеченности инструментами, приборами, информацией и т. д.

Первые три группы причин обусловлены индивидуальными и личностными качествами работника (человеческий фактор). Четвертая группа является внешним по отношению к работнику фактором, т. е. это производственная среда, в которой протекает трудовая деятельность. Поэтому для установления причинно-следственной связи производственного травматизма в *эргатической системе*, важными элементами которой являются человек или группа людей и техническое устройство, посредством которого человек осуществляет свою деятельность, необходим углубленный анализ несчастных случаев с учетом психофизиологических и временных факторов, в т. ч. распределение несчастных случаев по стажу работы пострадавших, дням недели и времени суток.

Объективными предпосылками травматизма и несчастных случаев в отраслях агропромышленного комплекса является неизбежное взаимодействие человека с высокопроизводительным оборудованием, эксплуатирующимся при больших силовых нагрузках, давлении, высоких скоростях, уровне шума, вибрации и др. Особое внимание отводится изучению причин, опасных производственных факторов. Вместе с тем наличие опасного производственного фактора (источника) или совершение работающим опасного действия (нарушение установленных регламентов) сами по себе могут и не привести к травме. Однако если такие нарушения приобретают систематический характер в условиях объективной опасности, то по законам статистики они в определенный непредсказуемый момент из травмоопасной ситуации могут перерасти в травму. Там, где есть опасные производственные факторы и нарушения правил безопасности труда, всегда присутствует вероятность несчастного случая. Чем более опасными являются условия труда и чем больше нарушений установленных регламентов имеет место, тем больше риск травмирования.

Все случайности имеют свои причины, при этом причины могут быть как в самом объекте, так и во внешних условиях. Учитывая, что каждый несчастный случай является случайным событием, необходимо выявлять причины, имеющие место в самом объекте и во внешних условиях. Например, проявление опасного производст-

венного фактора по отношению к пострадавшему будет внешним проявлением явлений, приведших к травме, а попадание человека в опасную зону, халатность, нарушение правил, дисциплины труда будет являться внутренним проявлением явлений, характеризующих психофизиологическое состояние пострадавшего.

Анализ причин производственных аварий, сопровождающихся несчастными случаями на объектах АПК Республики Беларусь, показал, что одной из основных причин их возникновения являются ошибочные действия работников. Аналогичная ситуация характерна и для других отраслей. Так, по вине человека, управляющего техникой, происходит в мире около 45 % аварий на атомных станциях, 60 % авиакатастроф, 80 % катастроф на море и до 90 % автокатастроф. С опасными действиями персонала или опасными условиями труда либо с совместным действием этих двух факторов связано 98 % аварий и несчастных случаев. Поэтому основными элементами, направленным на снижение аварийности и травматизма, являются разработка и внедрение программ обучения персонала безопасным методам труда и улучшения состояния безопасности производства, а также изучение предпосылок возникновения ошибочных действий персонала, то есть влияния человеческого фактора.

Из литературных источников известно, что если в средствах труда, условиях, организации и содержании деятельности не учитываются психофизиологические возможности и ограничения, присущие каждому человеку, то создаются предпосылки возникновения ошибок. Существует ряд методов (профессиональный отбор, обучение, психофизиологическая подготовка и др.), предназначенных для выявления и учета этих возможностей и ограничений, тем самым направленных на снижение вероятности ошибочных действий работника.

В понятии «человеческий фактор» недифференцированно представлены индивидуальные, личностные и групповые свойства и характеристики людей, органически включенные в социально-экономические системы как часть в целое. Под человеческим фактором следует понимать «широкий круг психологических и психофизиологических свойств, которые так или иначе проявляются в конкретной деятельности работника. Правильное же сочетание способностей человека и возможностей машины при функционировании «человек–машина» обуславливает оптимальное использование человеком технических средств в соответствии с их назначением.

Человеческий фактор выражается в основном в неумении персонала непрерывно определять и оценивать реальные опасности на рабочих местах и принимать верное решение в сложившейся экстремальной обстановке. Происхождение человеческого фактора объясняется также наличием определенных индивидуально-психологических свойств, обуславливающих подверженность несчастным случаям, которая напрямую зависит от таких факторов, как быстрота реакции, концентрация и распределение внимания, координация движений и др. Поэтому довольно значительна доля человеческого фактора в ошибках работников, чьи психофизиологические возможности ограничены.

Человеческий фактор определяют и как показатель способности персонала своевременно и качественно выполнять поставленные задачи, проводить оценку и анализ данного фактора на основании фактической и необходимой численности работников для выполнения комплекса работ по безопасной эксплуатации технических средств, численности обученного персонала по определенным видам работ и числу допущенных персоналом нарушений требований производственной безопасности по виду работ. В свою очередь, деятельность работника может носить разнообразный характер, но в общем виде ее можно представить как четыре основных этапа: восприятие поступающей информации, анализ и обобщение информации, принятие решения о необходимости выполнения действия и выполнение принятого решения.

Сбой или некорректное выполнение любого из этих этапов деятельности приводит к возникновению ошибочных действий, создает предпосылки для возникновения техногенных аварийных ситуаций. Поэтому на каждом из этапов работник должен совершать контроль собственного поведения на производстве.

Изучение причин возникновения ошибок в процессе трудовой деятельности является одним из основных направлений в проблеме исследований профессиональной надежности работника.

Ошибки работников при эксплуатации технических средств обусловлены в значительной мере просчетами в профессиональном отборе и классифицируются следующим образом:

- невыполнение требуемого действия;
- выполнение нетребуемого действия;

– выполнение требуемого действия, но в ошибочной последовательности;

– неправильное выполнение требуемого действия.

Также предлагается разделять причины ошибочных действий на непосредственные и отдаленные. К непосредственным причинам относится несоответствие психологических возможностей для переработки информации, недостатки навыка или умения, внимания и др. Отдаленные причины ошибок связаны с недостатками системы управления и организации труда на рабочем месте, подготовки к выполнению задачи, состоянием организма, обусловлены слабой психологической установкой работника.

Ошибки, возникающие в процессе производственной деятельности, по степени их преднамеренности делятся на умышленные и неумышленные. Неумышленно совершаемые ошибки обуславливаются следующими причинами:

а) внешними: эргономические недостатки средств, условий и организации деятельности;

б) внутренними:

– недостаток собственных возможностей (профессиональная непригодность, недостаточная подготовленность, нарушения функционального состояния и психических процессов организма работника);

– неиспользование собственных возможностей (недооценка значимости решаемых задач, потеря веры в свои возможности и т. п.).

Умышленные ошибки возникают:

а) под влиянием внутренних конфликтов;

б) в поисках интереса в труде;

в) для преднамеренного наказания обидчика;

г) во спасение – нарушение правил безопасности для избежания более серьезного нарушения.

Вероятность того, что поведение работника в условиях неопределенности приведет к нарушению производственной деятельности, зависит от его личных качеств: устойчивости к неопределенности, способности выдерживать и переносить такое состояние и умения искать и находить недостающую информацию.

При анализе психофизиологических аспектов надежности производственной деятельности работника могут иметь место ошибки,

возникающие из-за восприятия (если работник не успел обнаружить, не узнал, не сумел различить отклонения хода технологического процесса от регламентного); памяти (забыл, не успел запомнить, не сумел удержать в памяти, сохранить); мышления (не понял, не успел схватить, не предусмотрел, не разобрался); внимания (не сумел удержать, не успел охватить всего, быстро устал). Так, среди причин ошибок недостатки восприятия отмечаются в 40 %–70 % случаях, в переработке информации – 19 %–40 %, неправильного принятия решения – 12 %–20 %.

Безошибочность и надежность выполнения производственных функций работником зависит от умственных (психических), психологических его особенностей, квалификации и состояния здоровья. В действиях человека выделяют три функциональные части: мотивационную, ориентировочную, исполнительную. Ошибка любой из этих частей влечет за собой ошибочное действие в целом, которое может стать причиной возникновения аварий и несчастных случаев. Исходя из этого причины возникновения опасных ситуаций и несчастных случаев можно условно разделить на группы:

- нарушение мотивационной части: нежелание выполнять определенные действия (человек недооценивает опасность, склонен к риску, отрицательно относится к трудовым и(или) техническим регламентам работ; возможно находится в состоянии стресса, алкогольного опьянения и т. д.);

- нарушение ориентировочной части: незнание правил эксплуатации технических систем, требований по организации безопасного труда (неспособность к обучению либо отсутствие профессиональной подготовки);

- нарушение исполнительной части: невыполнение правил, инструкций, предписаний и норм вследствие несоответствия психофизиологических возможностей человека условиям и требованиям производственной деятельности (недостаточная координация, плохая концентрация внимания и др.).

Для устранения негативного влияния ошибочных действий каждой из выделенной группы причин возникновения травматических производственных ситуаций рекомендуются профилактические мероприятия (рис.).



Рис. Основные мероприятия по предупреждению ошибочных действий работников в процессе производственной деятельности

Возрастает роль человеческого фактора в современном агропроизводстве с учетом физиологических, психологических и психофизиологических свойств, которыми обладают люди и которые так или иначе проявляются в трудовой деятельности. Имеются в виду потребности и способности человека, мотивы его поведения, его интересы и творческие возможности, работоспособность, интеллект и эмоции, воля и характер, сознание и самосознание, формирование социальных установок и ценностных ориентаций.

По тому, насколько все эти качества соответствуют характеру и особенностям производственной деятельности, можно судить и о степени обеспечения безопасности труда.

Характеризуя человека с позиции личности безопасного типа, необходимо опираться на комплекс имеющегося у него количественно подтвержденных показателей высокого профессионализма и высокого уровня физиологических, психологических, психофизиологических и социально-психологических характеристик.

Профессиональные качества специалиста любого профиля определяются на основании свидетельства об образовании, стажа работы, занимаемых должностей и характеристик с предыдущего места работы. Степень надежности этих критериев для получения представления о профессионализме специалиста крайне мала, поэтому необходима разработка научно обоснованного тестирования для определения уровня профессионального мастерства.

При рассмотрении физиологических основ безопасной деятельности человека важно обратить внимание на то, что классическая физиология накопила большой арсенал данных, которые могут быть положены в основу формирования личности безопасного типа. Так, если в безопасных условиях производственной деятельности человека наблюдается устойчивость основных физиологических функций – констант, поддерживающихся по принципу саморегуляции на постоянном уровне, – то в условиях высокого уровня опасных и вредных производственных факторов нормальное взаимодействие различных функциональных систем организма человека затрудняется и внутренние механизмы саморегуляции нарушаются. Функциональные изменения часто свидетельствуют о наступившем состоянии декомпенсации, когда защитные силы организма больше не могут компенсировать происходящие в нем изменения и наступает утомление работника. Специфика утомления зависит от вида нагрузки и времени, необходимого для восстановления исходного уровня работоспособности.

Важным показателем при определении утомления являются психофизиологические характеристики, которыми оценивают память, внимание, сенсомоторную координацию, эмоциональную устойчивость, уровень тревожности, готовность и склонность к риску, готовность к действиям в напряженных (стрессовых) ситуациях, свойства нервной системы и др. Одним из важных критериев безопасности в производственных условиях является готовность работника к деятельности в напряженных (эмоциональных) ситуациях. Готовность к деятельности в напряженных ситуациях определяется не только тем, что человек хладнокровно или трезво встречает опасность, но и выработанной способностью к сокращенным алгоритмам принятия решений, мгновенному извлечению из памяти нужной информации, использованию в качестве информационных признаков неинструментальной информации.

Сильное физическое и особенно умственное утомление ухудшает внимание, память, мышление, может вызвать не только ошибки в действиях человека, стать причиной неправильного использования им техники, но и задерживать формирование у него готовности к деятельности в напряженной ситуации.

При выполнении работ, характеризующихся высокой степенью ответственности и требующих поиска новых, нестандартных путей выхода из напряженной ситуации, наблюдались такие явления, как снижение критичности мышления, ухудшение координации и точности движения, соразмерных усилий, принимаемых к органам управления техникой, нарушение внимания и других психофизиологических характеристик.

Состояние готовности к деятельности в напряженных ситуациях зависит от мотивов поведения личности, ее потребностей, отношения к окружающему, к предъявленным требованиям, к своим возможностям. Поэтому уделяют внимание вопросам мотивации людей, воспитанию у них ответственного и активного отношения к поставленной задаче.

В связи с возрастающим значением операторской деятельности на производствах, в т. ч. и в АПК, важное значение имеют работы, позволяющие судить о степени надежности и безопасной деятельности специалистов этого профиля. В трудных ситуациях, когда разум не подсказывает немедленного правильного решения, возникает поведение, характеризующееся напряженностью, аффектом, фрустрацией (состояние тщетного ожидания, сопровождающееся различными отрицательными переживаниями: разочарованием, раздражением, тревогой, отчаянием, что приводит к дезорганизации деятельности), растерянностью и другими подобными состояниями.

Для решения проблемы прогнозирования профессиональной надежности человека большое значение имеют сведения о поведении работника в экстремальных условиях. Выделяют следующие характерные типы: напряженный, трусливый, тормозной, агрессивно-бесконтрольный и прогрессивный.

Наиболее распространенным является напряженный тип поведения. Важнейшими признаками его являются скованность движений и импульсивный характер их выполнения, что у операторов, например, выражается в прикованности взгляда к объектам слежения и судорожном сжатии рукояток управления. Это сопровождается

большим нервно-психическим напряжением и, как следствие, снижением эффективности, надежности и безопасности деятельности. Теоретически такое поведение трактуется как результат борьбы подкорковых (эмоциогенных) доминант с корковыми, связанными с волевыми усилиями. Полагают, что здесь имеет место неуравновешенность в эмоционально-волевой сфере личности, в результате чего происходит с переменным успехом борьба эмоциональных и волевых компонентов психической деятельности, что сопровождается чрезмерными нервно-психическими затратами и быстрым утомлением человека. Исследования эмоциональной устойчивости работы оператора показали, что у большинства людей в процессе специально организованного обучения, направленного на формирование навыков, напряженность может быть снята путем выработки стереотипов. При этом трудовая деятельность на уровне навыка приобретает свойства стабильности, надежности и помехоустойчивости.

Трусливый тип эмоционального поведения проявляется в преднамеренном уклонении человека, в частности оператора, от выполнения порученных ему функций в затрудненных условиях, в его стремлении оградить себя от вмешательства в ход событий. Трусливый тип эмоционального поведения находит объяснение в доминировании инстинкта самосохранения.

Тормозной тип поведения проявляется в явно выраженной заторможенности действий, обычно возникающей при действии сильных эмоциогенных факторов.

Для агрессивно-бесконтрольного типа поведения, являющегося наиболее яркой и опасной формой проявления эмоциональной неустойчивости человека, характерны срывы деятельности, в результате которых человек начинает действовать враждебно и бессмысленно, усугубляя состояние управляемой им системы, ускоряя наступление аварий.

Для людей с прогрессивным типом поведения характерны ироническое отношение к опасности, умение найти комические моменты при самом затруднительном положении, самообладание, рассудительность и самоконтроль. Такие люди отличаются надежностью, повышенной работоспособностью с минимальной затратой сил, незначительной утомляемостью.

Главную роль в сохранении эмоционального равновесия человека играют его волевые качества, проявляющиеся в умении заставить

себя путем самоприказа сознательно управлять ситуацией и адекватно регулировать свои действия, применяя методы психической саморегуляции.

Трудно поддается коррекции поведение представителей «тормозного» типа, у которых в условиях стрессовых ситуаций действует охранительное торможение, вызванное чрезвычайно сильной, подкорковой доминантной, парализующей волю человека; здесь срабатывает механизм рефлекса естественной осторожности, который лишает его возможности предпринимать какие-либо действия.

Важную роль в успешности профессиональной деятельности, особенно в условиях стрессовых ситуаций, играют установочные, или мотивационные, позиции поведения. Вместе с тем все больше данных свидетельствует о том, что психофизиологические факторы (индивидуальные качества человека, его способности, характер, темперамент и другие свойства) в сложной обстановке не суммируются арифметически, а образуют определенный комплекс, который в конечном счете реализуется либо в правильном, либо в ошибочном действии.

Для формирования понятия личности безопасного типа важно также учитывать достижения в области социальной психологии. Эта наука оперирует такими социально-психологическими критериями, как отношения отдельных людей и групп между собой, удовлетворенность взаимоотношениями (или пренебрежением ими), принадлежность к определенной социальной прослойке, установки на общественные и личные ценности, чувство профессиональной значимости (или ненужности), социальной желательности и др. Личность безопасного типа должна обладать способностью эффективно управлять собой и своим временем, четко определять как цели выполняемой работы, так и собственные цели, решать возникающие проблемы быстро и эффективно, гибко реагировать на изменение производственной ситуации и др.

Сложные технологические процессы агропроизводства, работа в условиях дефицита времени, особенно в период уборочных работ, во все большей степени требуют объединения усилий членов коллектива (бригады), что ставит перед личностью безопасного типа задачу создания групп, способных быстро достигать желаемых результатов в работе и быть надежными (успешными) в профессиональной деятельности.

В жизнедеятельности любого человека неизбежным является риск, но необходимость риска часто пугает людей, делает их менее надежными. Люди вкладывают много усилий в его снижение (минимизацию), а итогом этого являются непродуманные, тяжеловесные решения, низкие результаты, разрушенные планы, невыполненные задания, ошибки, неправильные действия, приводящие к аварийной ситуации, и т. п.

Важной характеристикой личности безопасного типа является умение управлять собой, что означает поддержание физического здоровья, рациональное распределение сил, спокойный и сбалансированный подход к жизни, к производственной деятельности, способность справляться со стрессом, рациональное и эффективное распределение времени жизни, поддержание высокой работоспособности, корректная оценка своих психофизиологических особенностей, высокая склонность к индивидуальному развитию и т. д.

Усложнение отношений в системе «оператор–машина–среда» требует надежного успешного руководства этой системой, т. к. цена ошибок в процессе управления ею значительно возрастает. Для эффективного и надежного управления такой системой необходим учет поведения человека в экстремальной ситуации, поскольку страх перед реальной или представляемой опасностью может блокировать способность правильной оценки сложной обстановки и организации защитных мероприятий. Таким образом, формирование личности безопасного типа – это научно-обоснованная система мероприятий, направленных на коррекцию и развитие индивидуальных способностей личности, выявленных при профотборе, благодаря которым удастся достичь новых качественных результатов по безопасности труда и повышению работоспособности человека. Эта система включает как формирование личного выбора безопасной деятельности, так и управление процессом формирования личности безопасного типа руководителями агропроизводств и службой охраны труда предприятия. В свою очередь, управление процессом формирования личности безопасного типа предполагает проведение профессионального отбора, повышение качества профессиональных навыков, активизацию уровня психофизиологических функций, коррекцию функциональных состояний работающих, обучение методам психофизиологической релаксации (нервно-

мышечная релаксация, проведение сеансов пассивной и активной релаксации, психической саморегуляции, применение функциональной музыки, арттерапии, ароматерапии), применение фитотерапии, фитопрофилактики, применение эффективных средств индивидуальной защиты, создание оптимальных параметров производственной среды и др. Нормирование личности безопасного типа следует рассматривать не как идеальную, а как важную, жизненно необходимую практическую задачу.

Изложенный анализ состояния проблемы безопасности труда и повышения работоспособности работников АПК позволяет сделать следующие обобщения. Во-первых, технический прогресс создает меняющиеся специализированные структуры, которые зачастую не принимают во внимание особенности человека. Живой организм не обладает способностью быстро адаптироваться к изменяющимся условиям, как искусственные объекты, разрабатываемые и приспособляемые к действиям человека. Появляется качественно новая среда (производственная, информационная, техногенная, санитарно-гигиеническая и др.), которая и порождает проблему истощения природного ресурса здоровья и работоспособности человека. Статистические данные о росте числа несчастных случаев, аварий и катастроф подтверждают их возрастающую зависимость от человеческого фактора. Во-вторых, установление критериев безопасности труда работающих, формирование личности безопасного типа для тех или иных производственных условий, психофизиологический отбор, разработка тренинговой программы развития умений безопасного поведения, обучение и воспитание работающих могут оказаться главными в решении задач охраны труда. Технические характеристики управляемой системы должны соответствовать возможностям человека: его физиологическим, психофизиологическим и социально-психологическим характеристиками, а также профессиональной подготовке.

Однако, отдавая приоритет личности безопасного типа в решении проблемы безопасности труда работника и повышении его работоспособности, необходимо выбирать комплексный подход с использованием имеющихся теоретических и практических разработок и по другим способам, а также при помощи средств безопасности труда.

7.2 Оценка способности оператора технического средства оперативно осуществлять управленческие воздействия при устранении его отказов

Наиболее существенными факторами, влияющими на безопасность труда операторов, являются уровень профессиональной их подготовки $У_{п.п.}$, травмоопасность технического средства ρ_t , а также условия труда на рабочем месте $K_{у.т.}$. Учитывая, что безотказно работающих машин и механизмов практически не существует, то при возникновении отказа в работе любого технического средства необходимо немедленное вмешательство работника, выполнение им функций управления. Анализ безопасности функционирования системы «человек–машина» позволил выделить три основные функции оператора технического средства. Это обработка информации, принятие решения и управление (действия). Такой подход позволяет оператору предупреждать возникновение аварийной ситуации, правильно выделять из множества различных отклонений наиболее существенные, безопасно и с наименьшими затратами времени выполнять управленческие воздействия на изменения в технологическом процессе. Залогом успешной работы оператора служит доскональное знание технологического процесса, требований производственной эксплуатации технического средства и техники безопасности, т. е. все то, что характеризует профессиональную подготовку. Зависимость для определения уровня профессиональной подготовки оператора технического средства $У_{п.п.}$ должна обладать следующими характеристиками: число параметров минимально, точность – достаточная, формула – удобная для пользования. Принята зависимость мультипликативного вида:

$$У_{п.п.}(P_v, \tau) = ae^{b\tau} P_v^c, \quad (7.1)$$

где P_v – уровень способностей оператора технического средства выполнять управленческие воздействия на изменения в технологическом процессе;

τ – показатель оперативности выполнения управленческих воздействий (рассчитывается как отношение фактического времени

на устранение воздействий (отказа техники) ко времени, установленному согласно укрупненным нормативам времени на ремонт сельскохозяйственной техники);

a, b, c – параметры зависимости.

Уровень способностей оператора технического средства (общетехнического его развития) определяется по результатам тестирования (тест механической понятливости Беннета) согласно данным табл. 7.1.

Таблица 7.1

Уровни общетехнического развития оператора МСХТ

Наименование уровня общетехнического развития оператора	Оценка уровня	
	Количество правильных ответов	В относительных единицах
Низкий	≥ 32	$\geq 0,46$
Средний	33–38	0,47–0,54
Высокий	≤ 39	$\leq 0,55$

Оперативность выполнения в течение рабочего дня управленческих воздействий на изменения в технологическом процессе τ зависит от показателя утомляемости оператора Y_0 (табл. 7.2), который рассчитывается с учетом скорости реакции оператора r , устойчивости его внимания b и координации движения k . Для расчета этого показателя используется следующая зависимость:

$$Y_0 = 1 - \frac{(0,40r + 0,44b + 0,29k - 0,65)}{5}. \quad (7.2)$$

Таблица 7.2

Уровни показателя утомляемости оператора МСХТ

Наименование уровня утомляемости оператора МСХТ	Оценка уровня	
	В относительных единицах	В баллах
Низкий	$< 0,17$	4,25–5,00
Средний	0,17–0,35	3,40–4,24
Высокий	$> 0,35$	$< 3,40$

Определение показателя утомляемости оператора в производственных условиях осуществляется с помощью тестирования.

Для нахождения параметров зависимости (формула (7.1)) принимаются следующие диапазоны изменения P_v и τ : показатель P_v изменяется от 0,42 (низкий уровень выполнения управленческих воздействий) до 1,0 (очень высокий уровень), показатель τ – от 1,0 (время, затрачиваемое на устранение отказа согласно укрупненным нормативам времени на ремонт сельскохозяйственной техники) до 1,5. Значения параметров a , b и c (формула (7.1)) определяются с учетом принятых ограничений ($Y_{п.п} = 1,0$, $P_v = 1,0$, $\tau = 1,0$; $Y_{п.п} = 0,7$, $P_v = 0,5$, $\tau = 1,0$; $Y_{п.п} = 0,35$, $P_v = 0,42$, $\tau = 1,5$) из системы уравнений

$$\begin{cases} 1,0 = ae^{b \cdot 1,0} \cdot 1,0^c; \\ 0,7 = ae^{b \cdot 1,0} \cdot 0,5^c; \\ 0,35 = ae^{b \cdot 1,5} \cdot 0,42^c. \end{cases} \quad (7.3)$$

После соответствующих преобразований система примет вид:

$$\begin{cases} 1,0 = ae^b; \\ 0,7 = 0,5^c; \\ 0,35 = e^{b \cdot 0,5} \cdot 0,42^c. \end{cases} \quad (7.4)$$

Из второго уравнения системы (2.4) находится значение параметра c :

$$c = \frac{\ln 0,7}{\ln 0,5} = \frac{-0,357}{-0,693} = 0,515.$$

Подстановкой значения параметра c в третье уравнение системы (7.4) определяется параметр b :

$$0,35 = e^{0,5b} \cdot 0,42^{0,515},$$

откуда

$$b = \frac{\ln 0,547}{0,5} = -\frac{0,603}{0,5} = -1,206.$$

Значение параметра a находится из первого уравнения системы (7.4):

$$a = \frac{1}{e^{-1,206}} = \frac{1}{0,299} = 3,344.$$

Путем подстановки значений параметров a , b и c в формулу (7.4) получают зависимость для определения профессиональной подготовки оператора технического средства к оперативному выполнению управленческих воздействий на изменения в технологическом процессе:

$$Y_{п.п} = 3,344e^{-1,206\tau} P_v^{0,515}. \quad (7.5)$$

Условно выделяют три уровня профессиональной подготовки оператора к оперативному выполнению управленческих воздействий на изменение в технологическом процессе (табл. 7.3).

Таблица 7.3

Уровни профессиональной подготовки оператора технического средства

Наименование уровня	Интервал изменения уровня профессиональной подготовки	
	В относительных единицах	В баллах
Низкий	0,20–0,34	2,00–3,39
Средний	0,35–0,69	3,40–4,24
Высокий	0,70–1,00	4,25–5,00

Таким образом, высокий уровень $Y_{п.п} = 0,7–1,0$, средний $Y_{п.п} = 0,35–0,69$, низкий $Y_{п.п} < 0,35$.

8. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

8.1 Технические решения для повышения безопасности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники и улучшения условий труда

Объективными предпосылками травматизма и несчастных случаев на производстве является взаимодействие человека с высокопроизводительным оборудованием, эксплуатирующимся при больших силовых нагрузках, давлениях, высоких скоростях, температурах, уровне шума и вибрации. Ряд травм происходит из-за того, что какие-либо механизмы, используемые в технологических процессах, не имеют инженерно-технических средств защиты. Кроме того, оператор МСХТ практически весь рабочий день находится в кабине самоходной сельскохозяйственной техники или трактора, при этом на него воздействуют как вредные факторы производственной среды, так и производственные опасности, в т. ч. импульсного действия, которые при определенных обстоятельствах становятся источником травм и профессиональной заболеваемости. Если вредный производственный фактор воздействует на организм оператора независимо от его квалификации, стажа работы и возраста, то опасный фактор, присутствуя при эксплуатации МСХТ постоянно, может реализоваться в травму только при определенных условиях.

Для исключения возможности травмирования операторов МСХТ, защиты от влияния опасных и вредных факторов производственной среды (шума, вибрации, запыленности, загазованности, теплового воздействия и др.), повышения безопасности функционирования системы «оператор–машина–среда» необходимо постоянно улучшать условия и повышать безопасность труда. Важнейшее место отводится совершенствованию конструкции кабины МСХТ – своеобразной защитной оболочки вокруг рабочего места оператора, содержащей ряд устройств для нормализации поступающего воздуха, для защиты от шума, вибрации и для создания необходимых условий труда.

При эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники загрязняет пол кабины и сам оператор МСХТ, поскольку периодически выходит из кабины и обслуживает техническое средство. Как следствие, от его обуви и одежды заносится пыль, которая оседает на пол кабины. При включенном вентиляторе, который установлен в потолочной части кабины, воздушный поток поднимает пыль, повышается ее концентрация. При остановке трактора и вентилятора-пылеотделителя пылевые частицы под действием силы тяжести оседают на полу кабины. Предлагается постелить в кабине на полу синтетический или тканевый материал, через который проходят пылевые частицы и который, уменьшая сквозной проход воздуха, одновременно обеспечивает достаточное избыточное давление в кабине на полу. С включением двигателя под действием вибрации частицы пыли выносятся наружу и снижается концентрация пыли. При низких температурах (в осенне-зимний период) наружная панель пола кабины поворачивается вокруг шарнира, тем самым закрываются сквозные отверстия в наиболее глубоких точках выемок и устраняется возможность вытекания через них теплого воздуха.

Для снижения запыленности на рабочем месте оператора МСХТ рекомендуется оборудовать пол кабины технического средства (рис. 8.1) эластичными пробками, например из резины.

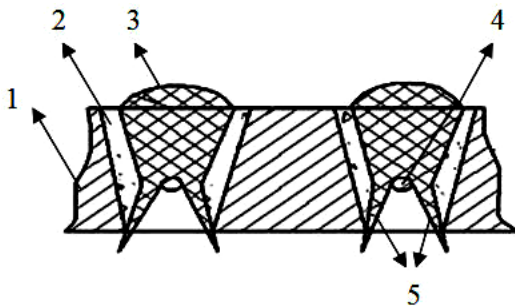


Рис. 8.1. Схема самоочищающегося пола кабины технического средства:
1 – пол кабины; 2 – пыль, мелкие частицы почвы и др.; 3 – пробки эластичные;
4 – стержень; 5 – пластины боковые нижние

Пыль и мелкие частицы почвы накапливаются в зазорах между наклонными стенками щелей пола и пробками. Под действием массы

оператора МСХТ (см. рис. 8.1) верхние части пробок деформируются вниз в направлении стержня. При этом упругие боковые нижние пластины сближаются друг с другом, открывая щели, через которые накопившаяся пыль высыпается за пределы кабины. Расположение щелей в направлении, перпендикулярном движению МСХТ, позволяет при перемещении оператора по кабине воздействовать его обувью на максимальное количество пробок и препятствует перемещению расположенных на полу кабины предметов под действием инерционных нагрузок во время разгона и торможения технического средства.

Для уменьшения передачи вибраций с основания МСХТ на сиденье предлагается конструкция подвески, представленная на рис. 8.2.

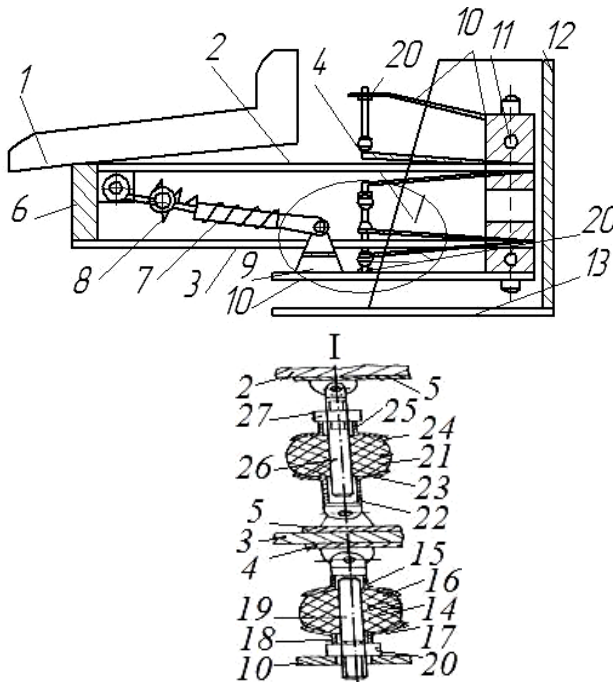


Рис. 8.2. Схема подвески сиденья МСХТ [26]:

- 1 – подушка; 2, 3 – рессоры; 4, 5 – ограничители; 6 – планка;
 7 – гаситель колебаний; 8, 14, 21 – элемент упругий; 9 – серьга; 10 – каретка;
 11 – штырь; 12 – каркас; 13 – кронштейн; 15, 18, 22, 25 – труба; 16, 23 – чашка опорная; 17, 24 – чашка нажимная; 19, 26 – стержень; 20, 27 – гайка

Во время движения МСХТ ее основание колеблется от толчков, возникающих из-за неровностей грунтового покрытия. Уменьшение передачи вибраций с основания на каркас сиденья может достигаться за счет упругого элемента в виде листовых рессор и демпфирующих свойств резиновых амортизаторов, а также сил трения стержней нажимных штанг о внутреннюю цилиндрическую поверхность отверстий амортизаторов при их деформации. Демпфирование низкочастотных колебаний осуществляет подпружиненный гаситель колебаний, а дополнительная пружина разгружает листовые рессоры и увеличивает скорость демпфирования, чем обеспечивается в целом высокая степень гашения колебаний.

Для *повышения эффективности виброизоляции, демпфирующих свойств вибрационной системы сиденья, увеличения возможности противодействия ее резонансным явлениям* предлагается конструкция сиденья (рис. 8.3), содержащая механизм стабилизации крена, состоящий из кареток и тросов, на котором крепится подушка сиденья. Параллелограммный механизм связывает подушку с упругим элементом, причем его горизонтальные оси расположены в опорах качения. Упругий элемент выполнен в виде набора тарельчатых пружин, соединенных между собой посредством наружных и внутренних опорно-дистанционных колец, имеющих профиль «тавр» и общую с упругим элементом вертикальную ось симметрии. Каждое наружное опорно-дистанционное кольцо выполнено в виде полого цилиндра, к середине внутренней стенки симметрично горизонтальной плоскости симметрии которого крепится горизонтальная полка в виде плоского кольца. Внутреннее опорно-дистанционное кольцо выполнено в виде полого цилиндра, к середине внешней стенки симметрично горизонтальной плоскости симметрии которого крепится горизонтальная полка в виде плоского кольца, причем наружный диаметр тарельчатых пружин попарно увеличивается, а их толщина попарно уменьшается от вершины к основанию упругого элемента. Внутри тарельчатого упругого элемента проходит регулировочный винт с навинченной на него сверху прижимной гайкой; ось их симметрии совпадает с вертикальной осью симметрии упругого элемента. Внутренние стенки полых цилиндров наружных опорно-дистанционных колец имеют примыкающие к нижним и верхним плоскостям их горизонтальных полок, имеющих форму плоских колец, кольцевые выемки в виде полых цилиндров с расположенными в них по всему их объему упругими

резиновыми кольцами. Толщина S верхней тарельчатой пружины каждой пары одного наружного диаметра меньше толщины нижней тарельчатой пружины этой пары, а высота H выемок с расположенными в них упругими резиновыми кольцами

$$H = (1,8-2,0)S, \quad (8.1)$$

где S – толщина тарельчатой пружины, сопряженной с упругим резиновым кольцом.

Ширина B проходящих через вертикальную ось симметрии сечений упругих резиновых колец определяется из выражения

$$B = (0,8-1,0)H. \quad (8.2)$$

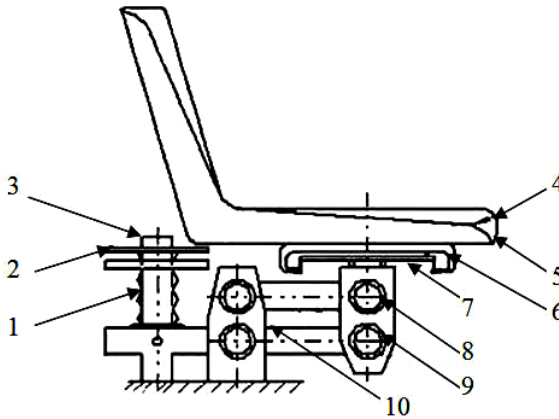


Рис. 8.3. Схема сиденья мобильного технического средства:

- 1 – элемент упругий; 2 – гайка прижимная; 3 – винт регулировочный; 4 – подушка;
5 – каретка; 6 – трос; 7 – механизм стабилизации крена; 8 – ось горизонтальная;
9 – опора качения; 10 – механизм параллелограммный

Вертикальные вибрации, передаваемые на сиденье оператора, гасятся упругим элементом, а горизонтальные – тросовыми элементами в механизме стабилизации крена. Демпфирование колебаний в системе осуществляется за счет упругих деформаций и внутреннего трения резиновых колец вследствие увеличения горизонтальных размеров тарельчатых пружин. Так как толщина S верхней тарельчатой пружины

каждой пары одного наружного диаметра меньше толщины нижней тарельчатой пружины этой пары, то это в два раза увеличивает типоразмеры задействованных в упругом элементе тарельчатых пружин, что, в свою очередь, увеличивает возможность противодействия виброзащитной системы резонансным явлениям. Жесткость упругого элемента изменяется в зависимости от веса оператора с помощью регулировочного винта и прижимной гайки.

С целью *повышения безопасности оператора МСХТ в аварийных ситуациях* предлагается конструкция сиденья, представленная на рис. 8.4. При аварийных ударах мобильного средства (спереди и сбоку) оператора страхуют подушки безопасности. В случае удара сзади передняя скоба вместе со штоком перемещается и сжимает амортизатор, обеспечивая за счет его упругой деформации снижение ударной нагрузки на оператора. Удобное с точки зрения комфорта положение оператора на сиденье устанавливается вращением маховика.

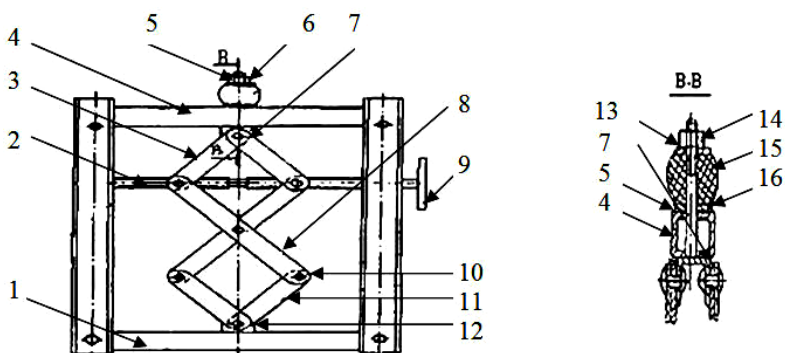


Рис. 8.4. Устройство безопасного сиденья МСХТ:

- 1 – салазки; 2 – винт ходовой; 3, 8, 11 – рычаги; 4 – основание сиденья;
 5 – шток; 6, 14 – гайка; 7, 12 – скобы; 9 – маховик; 10 – шарнир;
 13, 16 – прокладки; 15 – амортизатор резиновый

Для *нормализации шумового режима на рабочих местах оператора МСХТ* предлагается кабина, содержащая станину из двухслойного остекления: внутреннего и внешнего стекла, между которыми размещена упорная рама. Через нижнюю и верхнюю части рамы проходят туго натянутые струны, на которых жестко закреплены жалюзи, выполненные в виде желобов, поверхности которых перфорированы перпендикулярными их плоскостям сквозными отверстиями. В углублениях (лотках) желобов размещен слой синтетического волокна,

например из полихлорвинила. Внешние и внутренние стекла соединены между собой герметичной мастикой. Жалюзи размещены с возможностью пересечения мысленно проведенных линий, соединяющих верхние кромки желобов, с точкой расположения глаз водителя. Это необходимо для сохранения максимальной просматриваемой площади за кабиной технического средства. Перфорационные отверстия, занимающие от 20 % до 30 % площади дна каждого желоба, содержат упругие цилиндрические вставки из пористой резины, позволяющие поглощать широкий спектр шумовых частот.

Для повышения герметичности, теплоизоляционных и звукоизоляционных свойств кабины, уменьшения проникновения вибраций во внутреннее ее пространство рекомендуется устройство, приведенное на рис. 8.5. Узлы уплотнения устройства посредством чередующихся пластин образуют подвижное соединение, представляющее собой клапанную систему, способствующую снижению проникновения пыли, шума и вибрационных воздействий в кабину технического средства. Гофрированная манжета и нижний диск дополнительно повышают теплоизоляционные и звукоизоляционные свойства кабины, защищают эластичные резиновые части уплотнения от воздействия брызг, паров машинного масла и других агрессивных сред.

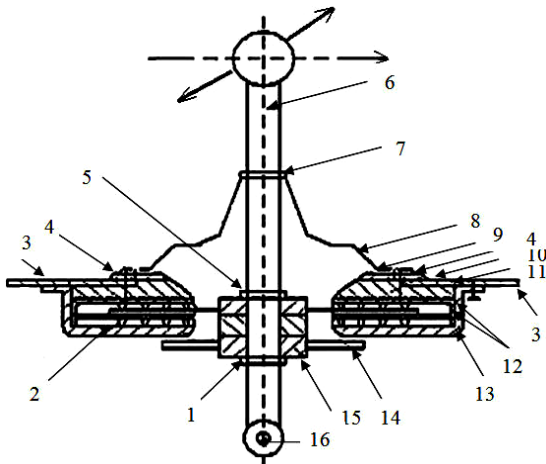


Рис. 8.5. Схема устройства для герметизации кабины:

- 1, 5 – кольца пружинные; 2 – шип упругий; 3 – пол кабины; 4, 9 – винты;
 6 – рычаг управления; 7 – пружина кольцевая; 8 – манжета гофрированная;
 10, 11, 14 – диски; 12 – вставка; 13 – диск кольцевой; 15 – ступица;
 16 – шарнир шаровой

Для улучшения условий труда оператора МСХТ рекомендуется сиденье-кондиционер, способствующее обеспечению комфортных условий работы. Предлагаемое техническое устройство включает кресло с полой накидкой, воздуходувку, вихревую камеру; нагревающее устройство и компрессионные, нагнетательные, подвижные и сбросные трубки, которые могут соединяться попарно с компрессионными трубками холодного или горячего воздуха через соответствующие подвижные трубки и переключатели. Переключатели холодного и горячего стояков идентичные по конструкции, однако работают в зеркальном режиме: если в холодное время переключатель горячего стояка впускает под накидку теплый воздух, переключатель холодного стояка выпускает холодный воздух на сброс. И наоборот, в холодное время холодный стояк с помощью своего переключателя впускает под накидку холодный воздух, а теплый воздух горячего стояка при помощи его переключателя уходит на сброс. Весь процесс происходит в автоматическом режиме. Переключатель представляет собой цилиндрический корпус, внутри которого размещен поршень. Его цилиндрическая полость снизу соединена с подвижной трубкой управляющего устройства, а сверху – в крайних положениях поршня с нагнетательной или со сбросной трубками. Поршень внутри цилиндра перемещается с помощью подвижных трубок, которые, в свою очередь, получают движение от штоков термоактивного элемента.

Устройство работает следующим образом (рис. 8.6). Воздуходувка засасывает наружный воздух и подает его в вихревую камеру, где он разделяется на два потока: холодный и горячий. Во время жаркой погоды элемент разворачивается, управляющее устройство принимает минимальную длину, перемещая конец подвижной трубки влево, на соединение с трубкой, через полость поршня переключателя. Холодный воздух поступает внутрь, одновременно конец подвижной трубки перемещается вправо, на соединение с трубкой сброса, при этом через полость поршня переключателя горячий воздух уходит в атмосферу. Во время холодной погоды элемент свертывается, управляющее устройство принимает максимальную длину, перемещая конец подвижной трубки влево, на соединение с трубкой, через переключатель. Горячий воздух поступает внутрь накидки, одновременно конец подвижной трубки

перемещается вправо, на соединение с трубкой сброса, через переключатель холодный воздух уходит в атмосферу. При изменении температуры воздуха в кабине МСХТ управляющее устройство автоматически изменяет направление потоков холодного и горячего воздуха, обеспечивая оптимальную температуру.

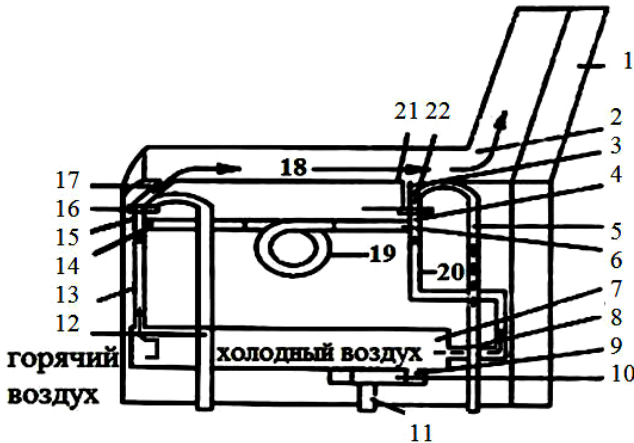


Рис. 8.6. Схема сиденья-кондиционера:

- 1 – кресло; 2 – накладка пола; 3, 4, 5, 13, 15, 17, 20 – трубки; 6, 14 – штоки;
7, 12 – камера вихревая; 8 – цилиндр; 9 – патрубок; 10 – воздушная подушка;
11 – фильтр воздушный; 16, 18 – переключатели; 19 – элемент термоактивный;
21 – полость цилиндрическая; 22 – поршень

Для снижения теплового воздействия на работоспособность оператора МСХТ предлагается инженерно-техническое решение, принцип работы которого заключается в том, что из дефлектора в патрубок с помощью штатной системы вентиляции в кабину МСХТ подается теплый воздух. Он проходит через увлажненную раствором душицы или эфирных масел хвои пористую верхнюю половину внутренней полости прямого полого цилиндра (рис. 8.7). Поворачивая цилиндр вокруг оси симметрии, можно оперативно поддерживать требуемую степень увлажнения воздуха производственной среды. Эфирные масла хвои (или душицы), которые наполняют воздух внутри кабины аэрозолями, оказывают благотворное влияние на организм оператора МСХТ, способствуют повышению производительности труда, снятию усталости и улучшению настроения.

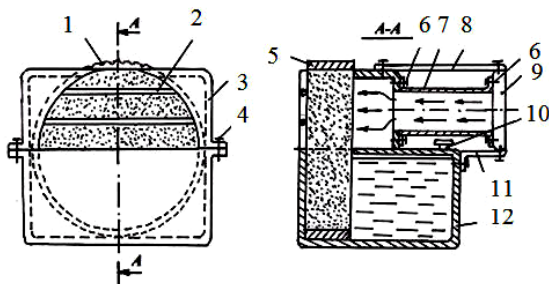


Рис. 8.7. Схема устройства для увлажнения воздуха производственной среды в кабине МСХТ:

- 1 – рифление; 2, 3 – стенка корпуса нижняя; 4, 6 – винты;
 5 – цилиндр полый; 6 – винты; 7 – патрубок; 8, 11 – крепления;
 9 – дефлектор; 10 – крышка горловины; 12 – стенка корпуса верхняя

Для снижения негативного влияния пыли на организм оператора МСХТ предлагается техническое решение в виде антибликовой пылезащитной наклейки на приборную панель технического средства (рис. 8.8). Основа наклейки представляет собой слой полимера, армированный тканью. В качестве полимера можно использовать силикон, полиуретан, акрил. Форма этой наклейки соответствует форме поверхности приборной панели в кабине, а ее верхний антибликовый слой выполнен из волокон флока на полимерной основе (полиамид (нейлон) или вискоза), которые, в свою очередь, армированы тканью на шерстяной основе. Этот слой представляет собой хаотично расположенные волокна, имеющие разную толщину (0,5–5,0 мкм), расстояние между ними составляет примерно 0,5–50,0 мкм.

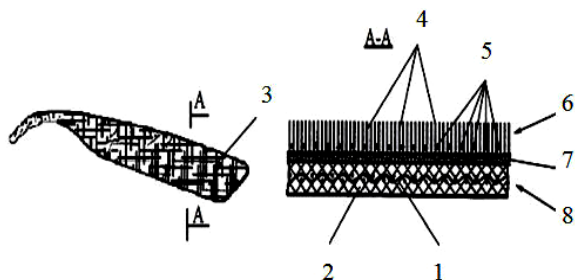


Рис. 8.8. Схема пылезащитной антибликовой наклейки:

- 1 – ткань армированная; 2, 5 – слои полимерные;
 3 – наклейка пылезащитная антибликовая; 4 – волокна флока;
 6 – слой антибликовый; 7 – клей; 8 – основа полимерная

Антибликовый пылезащитный слой из полиамидного флюка наносится на предварительно отформованную полимерную основу способом электрофлокирования. Полимерная основа армирована тканью из синтетических волокон. В нижней части накладки установлена оголенная медная нить толщиной 0,5–0,7 мм. Расстояние между соседними частями медной нити составляет 8–10 мм. По краям наклейки в точках наибольшей кривизны медная нить закреплена скобами. Между нитью и скобами во всех направлениях существуют зазоры размером 1–2 мм. В расправленном горизонтальном виде медная нить уложена на полимерной основе в виде общей синусоиды. Когда полимерная основа копирует форму приборной панели, то и закрепленная на ней с помощью скоб медная нить тоже соответствующим образом изгибается, копируя форму панели. В результате вибрации при работе МСХТ в верхнем слое наклейки возникают колебания, что приводит к трению между волокнами ткани и оголенной медной нитью (рис. 8.9), создавая статическое поле, состоящее из волн, пронизывающих все внутреннее пространство кабины, которые, в свою очередь, вызывают эффект подталкивания и притягивания пыли к наэлектризованным медным нитям.

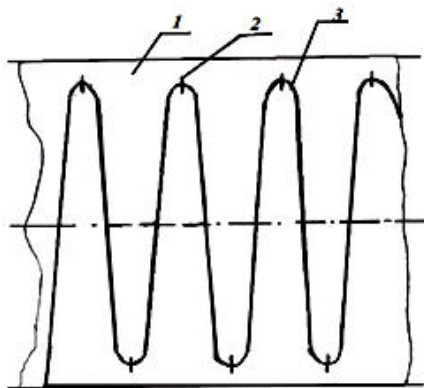


Рис. 8.9. Расположение медной нити в антибликовой пылезащитной накладке для приборной панели МСХТ:
 1 – накладка; 2 – скобы медные; 3 – нить медная

Осаждение пылинок происходит в результате малейшего прикосновения ее к медным нитям, расположенным поперек воздушного

потока смеси воздуха и пыли. Накладка может быть достаточно легко демонтирована для очистки от накопившейся пыли или мойки.

Для защиты оператора в кабине МСХТ от пыли и насекомых предлагается москитная сетка, состоящая из пластиковой рамки, в которой натянута сетка. Вверху рамки имеется ручка. Сетка выполнена двойной, состоящей из наружного и внутреннего полотен, образующих внутреннюю полость в форме клина (рис. 8.10), верхний угол которого прикреплен к верхней поверхности рамки, а в нижней части рамки расстояние между наружным и внутренним полотнами равно 10–12 мм. В нижней части клиновой полости между полотнами сетки поверх нижней поверхности рамки установлена с возможностью замены полоса войлока высотой 8–10 мм, пропитанная эфирным маслом лемонграсса; в наружном полотне имеются отверстия продолговатой формы 0,15 мм по высоте и 0,8 мм по ширине, а во внутреннем полотне – отверстия продолговатой формы размером 0,8 мм по высоте и 0,15 мм по ширине. На нижней поверхности рамки закреплена, например с помощью клея, полоса резинового уплотнителя с канавкой в виде равнобокой трапеции для расположения в ней верхней части стекла двери МСХТ. Во время движения на МСХТ с помощью ручки сверху вставляется пластиковая рамка с выполненной двойной из наружного и внутреннего полотен москитной сеткой в оконный проем автомобильной или тракторной двери. Для плотного прилегания москитной сетки приподнимается стекло двери МСХТ, которое упирается в полосу резинового уплотнителя с канавкой в виде равнобокой трапеции для расположения в ней с целью фиксации верхней части стекла двери МСХТ. При этом не остается зазоров для проникновения различных насекомых, пыли и пуха.

Москитная сетка изготовлена на основе полимера, поэтому ячейки со временем не растягиваются. Она не затеняет световой проем, препятствует попаданию в кабину МСХТ пуха и пыли, что особенно важно для людей, страдающих различными аллергическими заболеваниями. Москитная сетка не уменьшает видимость и не препятствует проникновению свежего воздуха. Сеточное ее полотно проходит обработку специальными веществами, в результате чего приобретает устойчивость к выгоранию и не поддается деформации.

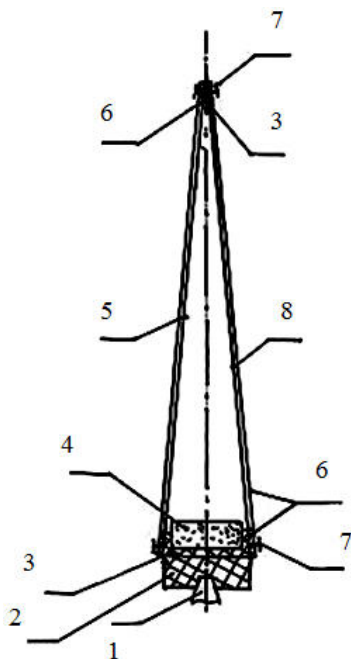


Рис. 8.10. Схема москитной сетки для трактора или автомобиля:
 1 – верхняя часть стекла двери кабины; 2 – полоса резинового уплотнителя с канавкой; 3 – рамка пластиковая;
 4 – полоса войлока; 5 – полотно наружное; 6 – прокладка;
 7 – винт; 8 – полотно внутреннее

Клиновидная полость между наружным и внутренним полотнами москитной сетки служит для поглощения шумовых звуковых волн, отраженных внутренними поверхностями наружного и внутреннего ее полотен, а расположение в них противоположно ориентированных отверстий продолговатой формы препятствует возникновению резонансных звуковых явлений. Распространяющийся по кабине МСХТ запах масла лемонграсса отпугивает насекомых, улучшает настроение и физическое состояние оператора МСХТ, способствует устранению слабости в конечностях, головокружения, сенсорных расстройств, помогает справиться с подавленностью и эмоциональной усталостью во время рабочей смены.

Водитель транспортного средства (ТС) является основным звеном системы «водитель–дорога–среда». Основную информацию

водитель получает путем наблюдения за дорожной обстановкой. Большой объем и характер информации, которая постоянно меняется, например при интенсивном движении, не дают возможности своевременно и точно ее воспринять и обработать, а соответственно, и принять правильное решение.

По статистическим данным, около 30 % всех дорожно-транспортных происшествий (ДТП) происходит в результате неожиданного съезда ТС за пределы проезжей части с последующим опрокидыванием, наездом на препятствия при совершении маневра путем доворачивания рулевого колеса вправо или влево на необходимый угол поворота из-за потери управляемости. Для повышения безопасности труда может использоваться техническое устройство, установленное внутри рулевого колеса на оси рулевого вала.

Значительное уменьшение тяжести последствий от происшествий, связанных с потерей управляемости ТС, можно обеспечить и путем повышения пассивной безопасности при его управлении (рис. 8.11).

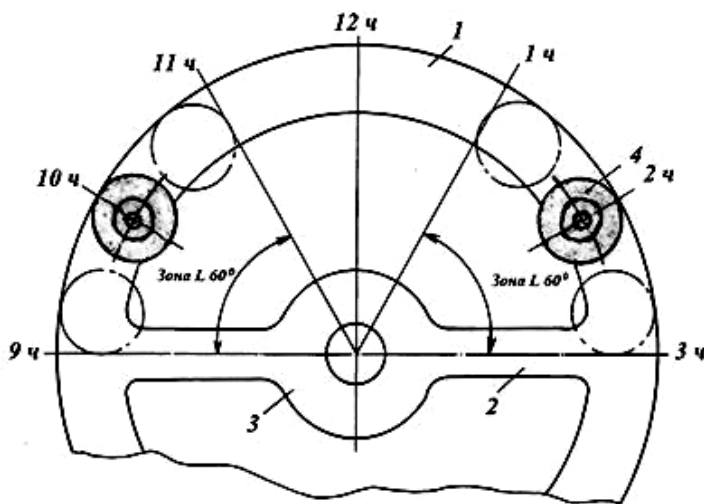


Рис. 8.11. Схема безопасного рулевого колеса ТС:

1 – обод; 2 – спицы; 3 – ступица; 4 – дополнительный элемент

Предлагаемое рулевое колесо содержит обод, спицы, ступицу, два дополнительных элемента в виде конусообразных фигур

на ободке с возможностью их поворота вокруг оси соосно рулевой колонке колеса и расположением в зонах часового циферблата от одного до трех часов и от девяти до одиннадцати часов при исходном положении рулевого колеса. Конусообразные фигуры двух дополнительных элементов управления выполнены из мягкой резины в виде полого усеченного прямого кругового конуса.

При необходимости совершить вращение рулевого колеса на большой угол поворота влево или вправо производится доворот рулевого колеса углублением ладони с помощью специального элемента, имеющего вращение соосно рулевой колонке. При этом ладонь водителя перекрывает верхнее отверстие полости конусообразной фигуры, что позволяет сохранить ее объемные контуры. Такая конструкция рулевого колеса ТС с элементами управления, имеющими незначительное возвышение на рулевом колесе, обеспечивает возможность надежно управлять ТС двумя руками, а при совершении маневров без отрыва руки от рулевого колеса – доворачивать вправо рулевое колесо левой рукой, а влево – правой. В случае возникновения аварийной ситуации в виде экстренного торможения или столкновения ТС при соприкосновении участков тела водителя с конусообразными фигурами последние легко деформируются благодаря их материалу из мягкой резины и наличию внутренней полости. Воздух из этой полости беспрепятственно будет выходить через верхнее отверстие, что позволяет предотвратить травмирование водителя элементами рулевого колеса.

При выполнении оператором ТС работ имеют место «скачки» – переход от устойчивого состояния его нервной системы к неустойчивому (стрессу), т. е. потере контроля над собой, что сказывается на безопасности труда. Для недопущения таких случаев огромное значение отводится организации режима труда и отдыха с учетом подготовленности и физического состояния работника. Сигналом организму о необходимости прекратить или снизить интенсивность работы служит показатель усталости оператора. Так, усталый мышечный аппарат, например глаз, уже не обеспечивает четкого пространственного восприятия и оператор может уснуть за рулем. Для недопущения такой ситуации были проанализированы результаты ранее проведенных исследований и предложена конструкция

универсального устройства для повышения работоспособности и внимательности оператора за рулем ТС. Техническое решение основано на использовании диафрагм со сквозными отверстиями в качестве очков-тренажеров и сменных прозрачных и затемненных линз соответствующих диоптрий. Пользователь (оператор ТС) индивидуально перемещает диафрагмы или линзы с целью регулирования расстояния между носовыми упорами, межцентрового расстояния, а также регулирует длину дужек за счет перемещения заушин. Это способствует использованию предлагаемого технического устройства для операторов ТС различного возраста и комплекции. Регулярное применение диафрагм со сквозными отверстиями по 30–40 мин в день снимает излишнее напряжение глазных мышц из-за постоянной их зажатости. Также предлагаемое техническое решение позволяет через сквозные отверстия трубки, покрытые снаружи слоем наполнителя из пористого материала, подавать с возможностью дозирования к носу оператора ТС пары раствора душицы или эфирных масел хвои, способствующие повышению работоспособности оператора, снятию состояния его утомления и усталости.

Для улучшения условий труда при управлении ТС, предупреждения засыпания оператора может использоваться техническое устройство (рис. 8.12), надеваемое на ухо и содержащее последовательно соединенные источник питания, выключатель, генератор звукового сигнала и датчик угла наклона с регулятором исходного положения. При управлении ТС, когда оператор держит голову прямо, металлический шар в датчике угла наклона находится в сферическом углублении на нижней грани корпуса датчика. Первая и вторая контактные пластины при этом не замкнуты, электрическая цепь устройства разомкнута, несмотря на включенный источник питания. При засыпании оператора ТС его голова склоняется вперед или в сторону. В таких случаях в датчике угла наклона металлический шар выкатывается из сферического углубления и попадает на нижний конец второй контактной пластины, прижимая ее к первой аналогичной пластине, и тем самым замыкает электрическую цепь устройства и включает генератор звукового сигнала для пробуждения.

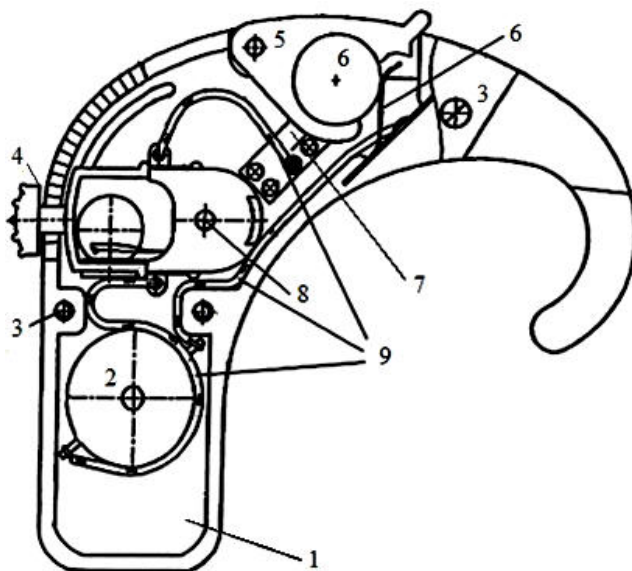


Рис. 8.12. Схема устройства для предупреждения от засыпания оператора ТС:
 1 – корпус серповидной формы; 2 – генератор звукового сигнала; 3 – винт;
 4 – рукоятка; 5 – держатель; 6 – источник питания; 7 – выключатель;
 8 – ось поворотная; 9 – провод

Для *повышения безопасности труда* может использоваться и техническое устройство (рис. 8.13), установленное внутри рулевого колеса на оси рулевого вала.

Постоянное пребывание работника за рулем может сказываться на кровоснабжении в органах малого таза и приводит к нарушению работы нервной системы. Симптомы такого профессионального заболевания у операторов ТС разнообразны: тупые либо колющие боли в районе хребта, ощущение сдавленности и неподвижности («каменная спина»), сильные боли в районе органов малого таза. Для снижения проявления этих заболеваний предлагается специальная запатентованная накидка-чехол на сиденье ТС, которая имеет ортопедические мягкие вставки для поясничной части и органов малого таза. При деформации вставки принимают форму тела оператора, а после снятия нагрузки восстанавливают свою исходную конфигурацию, что способствует улучшению кровоснабжения в поясничной части спины и в органах малого таза.

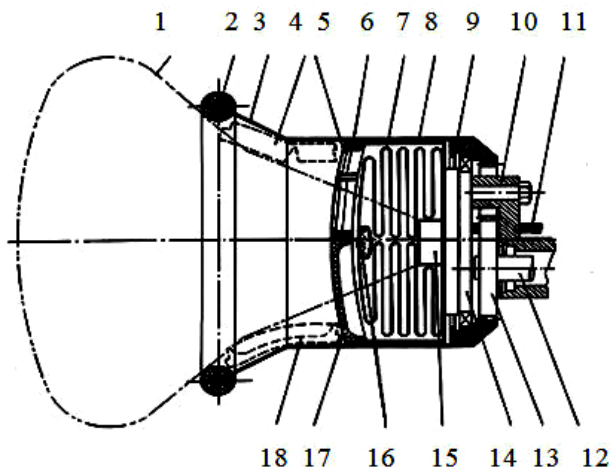


Рис. 8.13. Техническое устройство механизма рулевого управления ТС:

- 1, 18 – контур; 2 – колесо рулевое; 3 – спица;
- 4 – контур разрыва; 5 – щиток приборный; 6 – корпус;
- 7 – подушка безопасности в сложенном состоянии;
- 8 – корпус подушки безопасности; 9 – венец планетарного механизма;
- 10 – кожух рулевого вала; 11 – коммутация электрическая; 12 – вал рулевой;
- 13 – шестерня; 14 – колодка разъемная; 15 – устройство взрывное;
- 16 – капсула, заполненная тонирующим препаратом;
- 17 – крышка корпуса подушки безопасности

Нередко работа операторов ТС протекает при неблагоприятных температурных условиях, повышенной влажности. Знание гигиенических особенностей условий труда в кабине ТС, а также неблагоприятных факторов, которые могут возникнуть при работе, позволяет принять необходимые меры по сохранению здоровья и работоспособности операторов ТС. Так, физиологическая норма реакции тела человека позволяет организму адаптироваться к охлаждающей или нагревающей температуре воздуха, микроклимату. В случае же перегрева или переохлаждения тела, даже если это не опасно для жизни оператора ТС, снижается его трудоспособность. Если изменяются теплофизические условия производственной среды, то система терморегуляции организма приводит в соответствие процессы теплообразования и теплоотдачи, сохраняя температуру тела на одном уровне ($36,6 \pm 0,5$) °С. Однако при длительном и постоянном изменении температуры производственной среды система

терморегуляции организма человека не в состоянии обеспечить комфортное самочувствие и наступает дискомфорт. Задержка в испарении с поверхности тела пота сопровождается смачиванием им спинки сиденья ТС и может способствовать переохлаждению организма. Для недопущения такой ситуации рекомендуется использовать техническое устройство, содержащее сменные гигроскопические впитывающие элементы, неподвижно закрепленные на спинке сиденья в кабине ТС двумя эластичными кольцами, связанными друг с другом стяжкой, которая, в свою очередь, неподвижно прикреплена одним концом к оттяжке, закрепленной своим свободным концом и снабженной зацепом за спинку сиденья. *Эффективная защита оператора ТС от пота*, выделяемого в процессе работы при соприкосновении его спины со спинкой сиденья, достигается периодической нетрудоемкой сменой впитывающих элементов, препятствующих перегреву организма оператора ТС.

Для *поддержания чистоты в кабине МСХТ* предлагается напольный коврик. При накоплении на нем воды и земли коврик поднимают, взяв за переднюю его часть. При этом под действием сил упругости пружины эластичный мешок кармана на коврике принимает объемное натянутое положение и в него поступает накопившаяся на коврике вода и земля без загрязнения ими кабины (рис. 8.14).

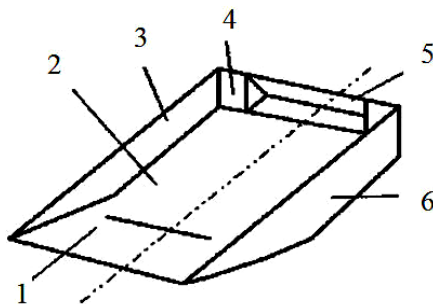


Рис. 8.14. Схема напольного коврика МСХТ:

1 – передняя часть коврика; 2 – основание; 3 – стенка боковая левая;
4 – стенка задняя; 5 – карман; 6 – стенка боковая правая

Для *повышения удобства и прочности лестницы*, например зерноуборочного комбайна, рассматривается вариант усовершенствованной ее конструкции (рис. 8.15) с учетом высокого клиренса

ходовой части комбайна. Для исключения травмоопасной ситуации при загрузке и выгрузке растительной массы из транспортного средства с самосвальнoй платформой рекомендуется устройство, ограничивающее беспрепятственный подъем грузовой платформы транспортного средства для загрузки (выгрузки) растительной массы.

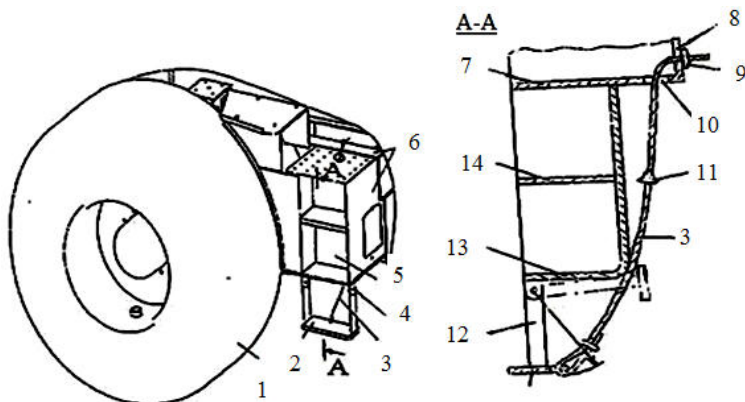


Рис. 8.15. Схема ступеньки лестницы МСХТ:

- 1 – колесо; 2 – ступенька складывающаяся; 3 – канат; 4 – кронштейн; 5 – ниша; 6 – рама комбайна; 7, 13, 14 – ступеньки верхняя, средняя и нижняя; 8 – паз; 9, 11 – шайбы стопорные; 10 – отверстия сквозные; 12 – рамка П-образная

Часто оператор подвержен травмированию при спуске с лестницы ТС или подъеме в кабину. Объяснением этому служит поведенческий фактор, который, в свою очередь, связан с нервным напряжением при выполнении работ, спешкой, а также подошвой обуви. При выходе из кабины ТС оператор обычно смотрит только на первые три ступеньки лестницы и не обращает внимания на остальные.

Для *повышения безопасности перемещения оператора ТС по ступенькам вертикальной лестницы* предлагается следующая запатентованная конструкция, содержащая две боковины, соединенные между собой ступеньками, выполненными в виде горизонтальных площадок. Нижняя ступенька имеет площадку прямоугольной формы, а верхние выполнены со скосами со стороны подъема на техническое средство. На одной из верхних ступенек имеется скос с левой стороны, на следующей ступеньке – скос с правой стороны. При подъеме по вертикальной лестнице

выполненные по параболе скошенные края ступеней не препятствуют быстрому и удобному подъему и спуску и позволяют располагать ноги в наиболее удобном месте с учетом размера обуви. Имеющиеся в ступеньках отверстия предназначены для удаления с их верхней поверхности грязевых отложений и для повышения безопасности труда оператора ТС при перемещении по ступенькам лестницы (спуске и подъятии). Для снижения тяжести травмирования большое значение имеет форма подошвы обуви оператора ТС, ее сцепные свойства. Предлагается съемная универсальная нескользящая подошва обуви (рис. 8.16), выполненная из износостойкого материала. Такая подошва (галоша) легко надевается на обувь разных размеров и крепится на ней прочными эластичными петлями или ремнями с замками (липучками). Абразивный слой рабочей поверхности подошвы обеспечивает возможность многократного ее использования и безопасность оператора, например на скользких ступеньках ТС.

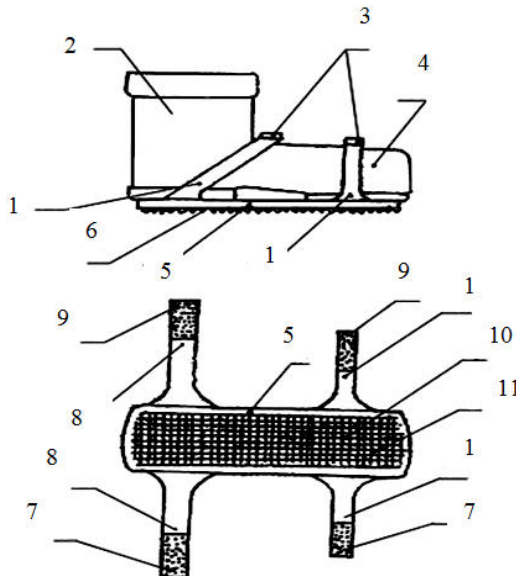


Рис. 8.16. Устройство съемной универсальной нескользящей подошвы обуви:
 1, 8, 14 – ремни эластичные; 2 – обувь; 3, 7, 9, 12 – липучки;
 4 – лента с водостойкой основой; 5 – пластина эластомера; 6 – гранулы абразива;
 10 – сетка абразивная; 11 – лента абразивная; 13 – носок обувной

Как один из вариантов *снижения воздействия источников шума на акустические характеристики кабины трактора* предлагается использовать шумопоглощающий брызговик (рис. 8.17). Он размещается в моторном отсеке трактора и содержит тонколистовой металлический элемент в виде защитной несущей оболочки. Такая оболочка может включать несколько отдельно смонтированных составных частей, имеющих горизонтальные и боковые (вертикальные и наклонные) поверхности. Звукопоглощающая футеровка плосколистовых звукопоглощающих панелей содержит внешний защитный слой звукопрозрачной пленки, а также слой пористого звукопоглощающего материала и монтажный адгезионный клеевой слой. Периметр внешних контуров монолитной плосколистовой звукопоглощающей панели превышает периметр квадратной монолитной плосколистовой звукопоглощающей панели не менее чем в три раза, площадь лицевой поверхности плосколистовой звукопоглощающей панели составляет не менее $0,25 \text{ м}^2$.

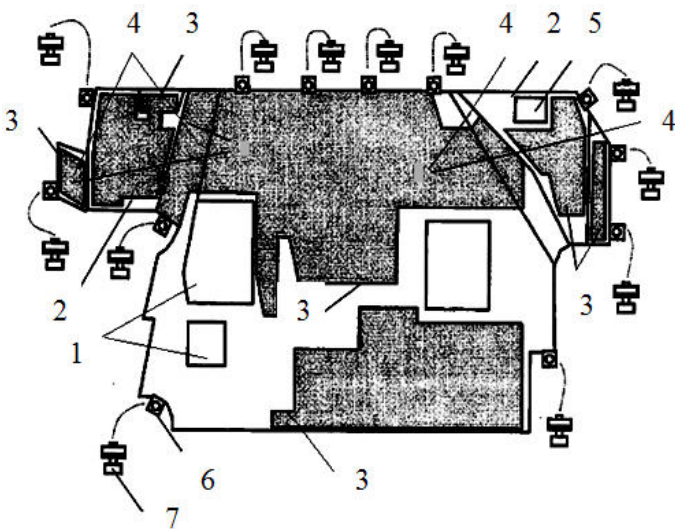


Рис. 8.17. Устройство шумопоглощающего брызговика моторного отсека трактора:

- 1, 5 – проемы вентиляционные;
- 2 – панели внутренние плосколистовые звукопоглощающие;
- 3 – панель футеровки звукопоглощающая;
- 4 – панели боковые плосколистовые звукопоглощающие;
- 6 – фланец; 7 – элементы крепежные съемные

Общее количество автономных плосколистовых звукопоглощающих панелей в составе шумопоглощающего брызговика принимается равным четырем. Воздушные зазоры между противоположащими торцами отдельных автономных плосколистовых звукопоглощающих панелей должны быть больше, чем толщина плосколистовых звукопоглощающих панелей. Такие элементы могут устанавливаться как на горизонтальной поверхности несущей защитной оболочки шумопоглощающего брызговика, так и на ее боковых (вертикальных и наклонных) поверхностях.

На монолитной плосколистовой звукопоглощающей панели также имеется лабиринтный вырез, образующий воздушный зазор, ширина которого не менее толщины плосколистовой звукопоглощающей панели. Автономные плосколистовые звукопоглощающие панели выполнены в виде прямоугольных пластинчатых элементов и располагаются относительно продольной оси трактора параллельно, что способствует многократному отражению и поглощению шумопоглощающим брызговиком звуковой энергии, генерируемой системами моторного отсека.

Травматическая ситуация в опасной зоне машинно-тракторного агрегата (МТА) может сопровождаться «наматыванием» при травмировании карданным валом, защемлением, придавливанием человека (например, при сцепке трактора с техническим средством), наезде на человека, нанесением удара вращающимися узлами агрегата и др. Значительный удельный вес приходится на травмирование карданным валом (13,7 %). Доля травм карданными валами в летальном травматизме сельскохозяйственного производства составляет в России 2,78 %, Украине – 2,78 %, Беларуси – 2,02 %. Известны различные предохранительные устройства карданного вала приводной сельскохозяйственной машины, например устройство, состоящее из пластмассового сильфона (зажимного кожуха), соединенного с фланцем и втулкой, втулка крепится к корпусу трансмиссии трактора. Однако это устройство не обеспечивает должной безопасности работ при обслуживании карданного вала, соединения и крестовины, и при сдвиге сильфона (защитного кожуха) карданный вал исполнительной машины продолжает быть жестко соединен с валом отбора мощности трактора, т. е. с валом приводной машины.

Известно также предохранительное устройство для карданного вала, содержащее защитный кожух, установленный коаксиально валу с возможностью осевого перемещения. Устройство снабжено

отключающим механизмом, выполненным в виде вала с наружными шлицами на концах, установленного между карданным валом и валом приводной машины. Недостатком такого устройства является его низкая надежность в работе из-за возможных перекосов вилки вследствие асимметричного приложения действующих на нее сил и большого количества сопряженных деталей. Для устранения этого недостатка, создания безопасных условий эксплуатации технических средств для уборки ягод и ухода за клюквенником, в т. ч. на откосах внутречеховых обводных каналов, разработано и запатентовано предохранительное устройство для карданной передачи (рис. 8.18), состоящее из шлицевой втулки, установленной на одном из шлицевых концов вала устройства, и вилки для перемещения шлицевой втулки. Вал устройства входит внутренним концом в подшипник, установленный в выточке шлицевого вала исполнительной машины, а наружным концом жестко соединен с карданным валом исполнительной сельскохозяйственной машины.

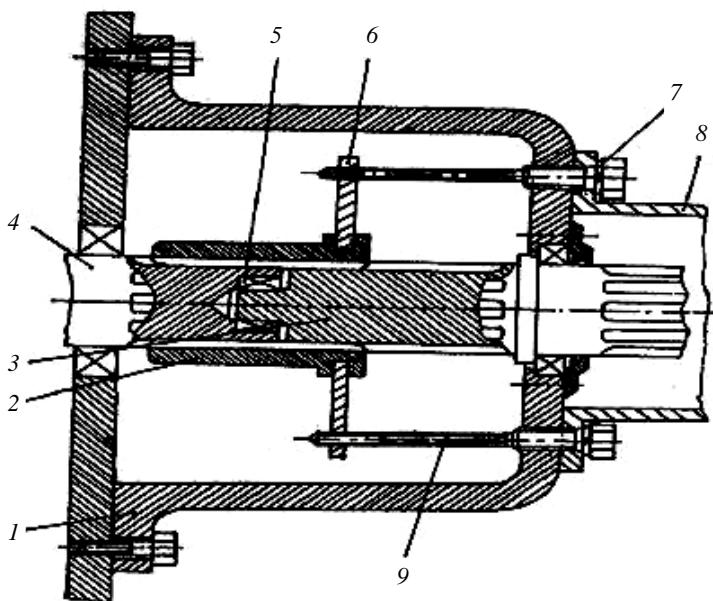


Рис. 8.18. Схема предохранительного устройства для карданного вала:
 1 – корпус; 2 – втулка шлицевая; 3 – вал; 4 – вал шлицевой; 5 – подшипник;
 6 – вилка; 7 – шайба; 8 – кожух защитный; 9 – болт

При снятии защитного кожуха карданного вала одновременно (или поочередным поворотом головок болтов в пределах существующих зазоров на один оборот) против часовой стрелки болты выворачиваются из больших отверстий в корпусе с правой резьбой. При этом вилка смещается вправо в сторону кожуха как за счет перемещения вместе с болтами, так и за счет вращения в ее отверстиях участков болтов малого диаметра с левой резьбой. После вывинчивания болтов из больших отверстий корпуса вилка вместе с втулкой путем захвата головок болтов руками механизатора с помощью осевого усилия перемещается в крайнее правое положение, наиболее близкое к кожуху, что приводит к разъединению валов. Затем болты путем поворота по часовой стрелке полностью выворачиваются из отверстий вилки и вынимаются из устройства, что позволяет снять защитный кожух уже не вращающегося карданного вала.

При установке защитного кожуха болты вставляются в отверстия его фланцев и далее через большие отверстия корпуса своей частью малого диаметра с заостренными в виде конуса концами – в малые отверстия вилки. Поворотом против часовой стрелки болты ввинчиваются на одинаковую длину в отверстия вилки, затем вилка с втулкой путем осевого усилия на болты смещается влево в сторону приводной машины до упора правой резьбы болтов в соответствующие отверстия корпуса. Путем поворота болтов по часовой стрелке они ввинчиваются своим большим диаметром в большие отверстия корпуса до полного закрепления защитного кожуха. Одновременно осуществляется соединение втулкой валов исполнительной машины и вала устройства, жестко соединенного с карданным валом сельскохозяйственной машины.

Использование предлагаемого предохранительного устройства для карданного вала максимально обеспечивает безопасные условия эксплуатации машинно-тракторного агрегата, т. к. при снятии или отсутствии защитного кожуха карданного вала прекращается передача вращательного движения от вала отбора мощности трактора на рабочий орган сельскохозяйственной машины.

Для определения принадлежности технического средства к категории безопасности необходимо рассчитать суммарный вредный эффект от его использования с помощью обобщенного интегрального показателя безопасности.

Техносферная безопасность, например тракторного дизеля, характеризуется следующими показателями:

- бездымный выхлоп на холостом ходу прогретого двигателя, незначительное дымление при полной его нагрузке;

- устойчивая работа 4-цилиндрового дизеля при 3 выключенных, а 6- и 8-цилиндровых – при 4 выключенных цилиндрах;

- чистый дизель: отсутствие подтеканий масла и охлаждающей жидкости на блоке и на головках цилиндров, отсутствие масла в турбокомпрессоре (ТКР) и в выхлопной трубе, отсутствие подтеканий топлива на элементах топливной аппаратуры;

- отсутствие интенсивного выхода картерных газов из сапуна (маслозаливной горловины);

- интенсивный характерный звук (свист) работы ТКР, отслеживающий изменение скорости вращения и нагрузки дизеля; слышимый выбег ротора ТКР после остановки двигателя в течение не менее 8 с;

- нормальный уровень моторного масла (повышенный уровень вызывает увеличенный угар масла и повышенную токсичность ОГ);

- равномерное снижение оборотов двигателя по всем цилиндрам при отключении каждой форсунки или свечи зажигания;

- отсутствие сигналов о засоренности воздухоочистителя;

- отсутствие резкого запаха подгорания фрикционных накладок;

- отсутствие колебаний (тряски) двигателя, дребезга облицовки, кабины, оперения;

- нормальные показания контрольно-измерительных приборов (КИП) на щитке приборов, сигнализаторов на воздушном и масляном фильтрах; отсутствие аварийных сигналов;

- продолжительное вращение по инерции ротора, ТКР после остановки двигателя;

- легкий ход машины по инерции при выключенной передаче, обусловленный нормальной регулировкой тормозов, давления в шинах, схождением колес, исправностью силовой передачи.

Обязательные работы ТО, обуславливающие надежную и экологически чистую работу машины:

- периодический слив отстоя из топливного бака, фильтра-отстойника (60–100 ч), фильтра тонкой очистки топлива (60–240 ч), экстренный слив отстоя при возникновении мутного топлива;
- периодическая очистка воздухоочистителя, топливных фильтров, а после работы в запыленных условиях – внеплановая очистка воздухоочистителя или очистка по потребности по показаниям сигнализатора загрязненности;
- периодическая очистка реактивного центробежного маслоочистителя и других масляных фильтров (в силовой передаче, гидросистеме навесного механизма);
- устранение причин выделяющихся стуков механизма газораспределения;
- проверка и при необходимости восстановление уровня моторного масла, масла в силовой передаче;
- утепление дизеля, в т. ч. при температуре ниже +5 °С, не дожидаясь морозов, использование зимних сортов моторного масла и топлива, что уменьшает расход топлива на 200–300 кг на трактор за зиму; только на каждом пуске дизеля зимой экономится до 2 л топлива за счет разогрева дизеля горячей водой, горячим маслом, утепления радиатора, топливной аппаратуры;
- проверка и регулировка натяжения ремней вентилятора дизелей с воздушным охлаждением;
- заправка машины топливом через заливной фильтр (воронку с сеткой);
- снижение давления в шинах трактора до нижнего диапазона перед работой на поле и повышение давления перед транспортными работами;
- очистка машины от загрязнений, растений, химикатов.

8.2. Технические устройства для исключения травмоопасной ситуации при загрузке, выгрузке и транспортировке растительной массы и сыпучих материалов, для повышения обзорности управления техническим средством

Для исключения травмоопасной ситуации при загрузке и выгрузке растительной массы из транспортного средства с самосвальной платформой предлагается устройство (рис. 8.19).

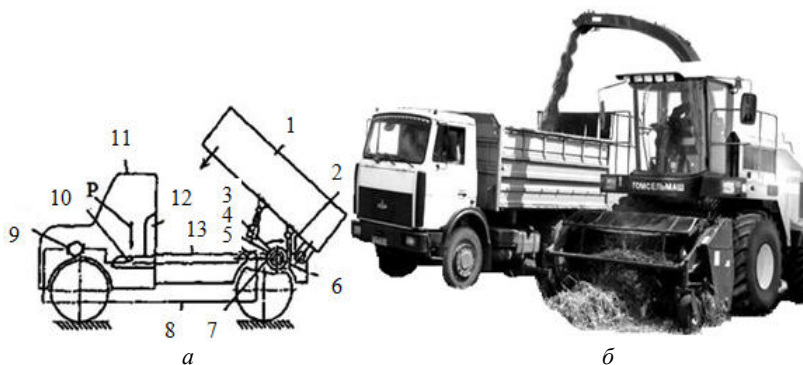


Рис. 8.19. Транспортное обеспечение кормоуборки:

а – транспортное средство с устройством защиты оператора от травмирования при поднятии (опускании) грузовой платформы; *б* – кормоуборочный комбайн + транспортное средство для загрузки (выгрузки) растительной массы;

1 – платформа грузовая; 2 – рейка; 3 – колесо зубчатое; 4 – направляющая;

5 – электромагнит; 6 – вал; 7 – колодки тормоза; 8 – цепь электропитания;

9 – источник тока; 10 – контакт замыкающий; 11 – кабина;

12 – сиденье оператора; 13 – рама

Когда оператор транспортного средства находится в кабине на сиденье и своим весом замыкает контакт, электромагнит включается в дополнительную цепь электропитания, а колодки колодочного тормоза разомкнуты и не взаимодействуют с тормозным шкивом колодочного тормоза. В таком случае при подъеме или опускании грузовой платформы рейка перемещается вверх или вниз по направляющей, вращая зубчатое колесо вместе с валом и не мешая подъему-опусканию грузовой платформы. В том случае, когда оператор не находится в кабине и замыкающий контакт разомкнут, размыкается и дополнительная цепь электропитания. Электромагнит оказывается обесточенным, колодки тормоза прижаты к тормозному шкиву, исключая его вращение во время опускания платформы. Одновременно ролики увлекаются при попытке вращения венца зубчатого колеса силами трения и усилиями пружин в узкие части клиновых пазов втулки, что приводит к их заклиниванию. Таким образом, тормозной шкив, поворотный вал и венец зубчатого колеса не могут вращаться, а рейка не имеет возможности перемещаться по направляющей благодаря зацеплению с венцом зубчатого колеса. Грузовая платформа опирается на рейку

и фиксируется неподвижно, исключая возможность перемещения платформы. Оператор может покинуть сиденье, например стать для лучшего обзора на подножку кабины и с нее управлять процессом выгрузки. При этом в кабине замыкающий контакт становится разомкнутым, электромагнит оказывается обесточенным, колодки тормоза – прижатыми к тормозному шкиву, исключая его вращение во время опускания платформы. Однако при движении рейки вверх венец зубчатого колеса, вращаясь против часовой стрелки, силой трения своей внутренней поверхности о ролики увлекает их в более широкую часть клинового паза, что обеспечивает свободное вращение венца зубчатого колеса и беспрепятственный подъем грузовой платформы транспортного средства для загрузки (выгрузки) растительной массы.

Основным из направлений по повышению безопасности погрузочно-транспортных работ машин является совмещение нескольких операций. Даже самый квалифицированный оператор МСХТ может уменьшить срок службы и производительность, например, фронтального колесного погрузчика, неправильно его эксплуатируя. При этом на оператора МСХТ воздействуют как вредные факторы производственной среды, так и производственные опасности, в т. ч. импульсного действия, которые при определенных обстоятельствах становятся источником травм. Если вредный производственный фактор воздействует на организм оператора МСХТ независимо от его квалификации, стажа работы и возраста, то опасный производственный фактор может реализоваться в травму только при определенных обстоятельствах. Эти опасности увеличиваются многократно, если работник неопытный. Также эффективность эксплуатации погрузчика зависит от того, насколько быстро и безопасно оператор МСХТ выполняет работу. На топкой, скользкой или покрытой рытвинами поверхности погрузчик будет вязнуть, производительность работы упадет, а образующиеся грязевые брызги, например от колес, могут способствовать ухудшению обзорности при управлении техническим средством и, как следствие, созданию производственной опасности.

Для повышения производственной безопасности при эксплуатации фронтального погрузчика, например ТО-18, устранения влияния грязевых брызг на обзорность и безопасность управления предлагается использовать на задних колесах этого технического средства крыло из листового материала, закрепленное на кронштейне и связанное с осевым погрузчика (рис. 8.20). Крыло выполнено из пересекающихся с помощью горизонтальных, перпендикулярных продольной вер-

тикальной плоскости симметрии погрузчика ребер трех частей – центральной горизонтальной, внутренней и внешней наклонных в виде плоских листовых конструкций с направленными вниз боковыми вертикальными бортами. Центральная (горизонтальная) листовая конструкция, неподвижно закрепленная на кронштейне симметрично оси вращения колеса и выполненная со сквозной прорезью в виде параллелограмма, обращена к центральной части погрузчика. Маленькая сторона параллелограмма совпадает с проходящей через ось симметрии и вращения колеса вертикальной плоскостью и соприкасается с внутренней стороной внутреннего бокового вертикального борта. Вторая маленькая сторона параллелограмма совпадает с внешним ребром пересечения центральной горизонтальной и внешней наклонной плоских листовых конструкций и соприкасается с внутренней стороной внешнего бокового вертикального борта. Длина меньшей стороны параллелограмма составляет одну треть расстояния между внутренними сторонами боковых вертикальных бортов.

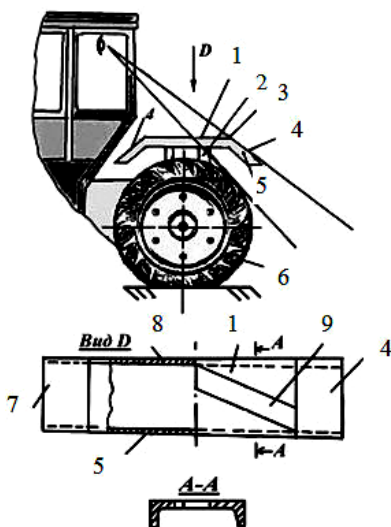


Рис. 8.20. Техническое устройство для повышения обзорности и безопасности управления фронтальным погрузчиком:

- 1 – часть центральная горизонтальная; 2 – кронштейн; 3 – ребро;
 4, 7 – части крыла внутренняя и внешняя; 5, 8 – борты вертикальные;
 6 – колесо; 9 – прорезь сквозная

При выполнении погрузчиком работ, связанных с маневрированием и требующих визуального контроля расположения его колес и рабочего органа, в т. ч. относительно возможных ям, оператор МСХТ имеет возможность в любой момент без остановки погрузчика осуществлять необходимый в таких случаях оперативный визуальный контроль, обеспечивая при этом безопасность выполнения работ.

Перевозка различных сыпучих материалов требует от водителя транспортного средства высокого уровня профессиональной компетенции и внимания, поскольку такой груз отличается высокой подвижностью: он может просыпаться на дорогу или крыши легковых автомобилей, проезжающих рядом, создавая тем самым аварийную ситуацию.

Тяжесть перевозимого груза и его смещение в одну из сторон на поворотах, подъемах и спусках затрудняет управление транспортным средством. Также некоторые грузы подвержены нагреванию. Самосогреванием называют процесс повышения температуры груза, вызванный действием внутренних источников тепла – химических и биохимических процессов, протекающих в грузах. Самосогреванию подвержены многие грузы растительного происхождения, в особенности зерновые. Процесс самосогревания приводит к резкому ухудшению качества груза, уменьшает его количество и зачастую заканчивается самовозгоранием. Самосогревание зерна вызывается в основном тремя причинами: биологическим процессом дыхания зерна, жизнедеятельностью микроорганизмов и жизнедеятельностью вредителей зерновых грузов. Чтобы минимизировать возможность возникновения таких ситуаций, необходимо, чтобы груз был равномерно распределен по кузову транспортного средства, а мелкие сыпучие материалы накрыты тентом.

Значительная часть перевозок сыпучих грузов отводится зерновым культурам и минеральным удобрениям. Перевозка зерновых культур имеет специфические особенности, отличающие ее от других сыпучих материалов. Существует несколько способов транспортировки зерна: зерновозы бортовые, автопоезда, цистерны, самосвалы. При использовании самосвальной техники процесс разгрузки зерновых автоматизируется, что обеспечивает одновременно экономию и высокую скорость перевозки. Что же касается перевозки

минеральных удобрений, то, если их завод-изготовитель находится на расстоянии, не превышающем 200 км от сельскохозяйственного предприятия, допускается использование только автомобильного транспорта.

Для повышения безопасности перевозки сыпучих материалов, их механизированной разгрузки или разбрасывания по поверхности рекомендуется, например, самосвал-разбрасыватель МАЗ-6501 с подвижными приводными механизмами трансформации сыпучих материалов. Такое транспортное средство содержит шасси базового автомобиля с установленным на нем и опрокидываемым назад кузовом-бункером с приводным механизмом подъема, боковыми бортами-стенками и откидным задним бортом-стенкой с замками. Посередине в днище кузова-бункера расположен приводной транспортер, подающий материал к разбрасывающему устройству. Это устройство выполнено в виде разбрасывающего диска с возможностью его занимать положение, не препятствующее использованию разбрасывателя как самосвала. Боковые борта-стенки кузова-бункера самосвала имеют подвижные приводные механизмы трансформации между вертикальным и наклонным положением кузова-бункера и смещаются к его центру в направлении к подающему транспортеру. Последний снабжен поворотным кожухом, фиксируемым в двух положениях: верхнем над транспортером, препятствующем повреждению транспортера, и нижнем, препятствующем просыпанию материала под транспортером.

8.3. Технические решения для повышения производственной и пожарной безопасности мобильной сельскохозяйственной техники при работе на склонах, внесении пестицидов, техническом обслуживании и ремонте

Для улучшения условий труда оператора МСХТ при ее эксплуатации на склонах немаловажное значение имеет возможность регулировки сиденья с учетом неровности почвы. Зачастую неправильная его регулировка при работе на склонах может вызывать у оператора МСХТ болевые ощущения в спине. Кроме того, чем быстрее техника движется по склону, тем большее значение имеет правильная регулировка сиденья. В противном случае у оператора могут

появляться проблемы со спиной, что в дальнейшем сказывается и на профессиональной его нетрудоспособности.

Несмотря на то что сиденья МСХТ не требуют обслуживания, они подвержены износу. К наиболее частым неисправностям относятся выход из строя подшипника, поломки пружины и амортизаторов. Механические повреждения можно распознать по снижению комфорта и скрежету пружины. Подушка сиденья может регулироваться по длине и наклону; следует обращать внимание на верхние участки бедер оператора МСХТ, которые должны иметь максимальную площадь опоры, но в то же время это не должно затруднять управление педалями сцепления и тормоза.

Для *повышения безопасности и улучшения условий труда оператора МСХТ* предлагается устройство, содержащее нижнюю опору, связанную с полом кабины МСХТ, и верхнюю опору, связанную с подушкой сиденья, которая может наклоняться вбок и фиксироваться в любом из выбранных положений относительно нижней опоры. Каждая опора снабжена двумя направляющими элементами, причем элементы верхней опоры выполнены дугообразными, а направляющие элементы нижней опоры – в виде шариков, симметрично установленных относительно продольной оси сиденья. Дугообразные направляющие элементы и шарики размещаются в кронштейнах и закреплены на верхней и нижней опорах соответственно. Один из дугообразных направляющих элементов снабжен радиальным пазом. Устройство содержит управляемый стопор, выполненный в виде пластины, расположенной на оси кронштейна. Паз и стопор установлены с возможностью взаимодействия.

Для обеспечения безопасного положения оператора МСХТ при работе на склоне требуется установка сиденья под определенным углом, зависящим от крутизны склона. В этом случае нажатием на рукоятку стопора, преодолевая сопротивление пружины, выводят пластину стопора из паза дугообразного направляющего элемента и паза пластины нижней опоры. Поскольку в расфиксированном положении сиденье свободно перекачивается по дугообразному направляющему элементу, выполненному в виде трубки, оператор МСХТ занимает удобное для работы положение смещением корпуса. Опустив рукоятку, оператор МСХТ фиксирует сиденье в нужном положении. При этом под действием пружины пластина стопора через один из пазов нижней опоры входит в паз дугообразного

направляющего элемента верхней опоры, фиксируя сиденье в заданном положении. Изменение угла наклона сиденья за счет качения дугообразных направляющих элементов, выполненных в виде стержней, по поверхностям шариков происходит мгновенно, а следовательно, быстродействие предлагаемого устройства значительно возрастает.

Предлагаемое устройство повышает безопасность труда при работе МСХТ на склонах, увеличивает быстродействие регулирования и снижает усилие для его осуществления, а также снижает металлоемкость конструкции.

Аэрозоли, пары и газы, содержащиеся в воздухе, – как при выполнении технологического процесса, так и при хранении химических веществ – могут проникать в организм человека через органы дыхания, зрения, желудочно-кишечный тракт, кожу и воздействовать на его ткани и биохимические системы, вызывая нарушения процессов нормальной жизнедеятельности. Вредные вещества, находящиеся в воздухе в виде аэрозольных частичек размером более 100 мк в диаметре, обычно быстро оседают под действием силы тяжести и не представляют опасности. Частички же диаметром менее 10 мк могут достигать зоны газообмена в легких человека. Учитывая это обстоятельство, все исполнители химзащитных работ должны пройти ежегодное медицинское обследование и иметь медицинскую книжку с отметкой врачей-специалистов о соответствующем допуске. Со всеми работниками в обязательном порядке должен быть проведен инструктаж по охране труда с соответствующей записью в журнале регистрации, организован строгий учет с указанием в специальном журнале вида работ, даты, применяемых препаратов, объекта обработок, расходуемого количества и др.

Наиболее опасным путем попадания вредных веществ в организм являются органы дыхания. Поверхность легочных альвеол при среднем их растяжении может достигать 100 м², а толщина альвеолярных мембран колеблется в пределах 0,004–0,010 мм, вследствие чего в легких создаются благоприятные условия для проникания газов, паров и пыли в кровь.

Для предотвращения такой ситуации, *повышения эффективности использования средства защиты органов дыхания* предлагается запатентованная конструкция противоаэрозольного респиратора, содержащая полумаску из сорбционно-фильтрующего материала

с обтюратором, странгулятором и оголовьем, которое присоединено с двух сторон с помощью эластичного шнура к полумаске (рис. 8.21). Обтюратор в верхней его части имеет эластичное сеточное полотно, позволяющее охватить поверхности головы и ушей работника, что практически устраняет попадание вредных веществ в виде аэрозолей внутрь.

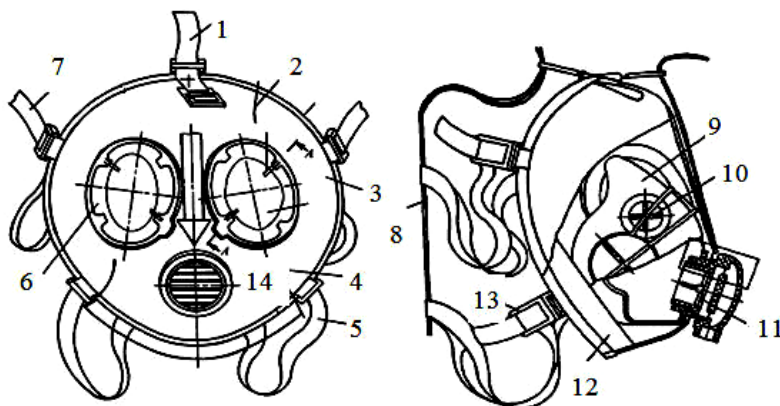


Рис. 8.21. Общий вид и вид сбоку респиратора для защиты органов зрения и дыхания работников агропромышленного комплекса от воздействия вредных веществ: 1, 5, 7 – зажим; 2 – складка лобная; 3 – корпус маски; 4 – складка подбородочная; 6 – очки; 8 – наголовник; 9 – подмасочник; 10 – клапан вдоха; 11 – клапан выдоха; 12 – обтюратор; 13 – пряжка

Химические вещества (ароматические amino- и нитросоединения, фосфорорганические соединения и др.) могут проникать и через кожный покров. Проникновение через кожу считается менее опасным путем отравления организма, поскольку всасывание вещества через кожу происходит достаточно медленно. Количество таких вредных веществ находится в прямой зависимости от их растворимости, площади поверхности соприкосновения с кожей и скорости кровотока. Эти вещества, как правило, имеют к предельно допустимым концентрациям в воздухе рабочей зоны примечание об опасности их поступления через кожу (например: «Требуется специальная защита кожи и глаз»).

Зрение – важнейшее из чувств, данных человеку от природы. С помощью зрения люди получают порядка 80 % всей информации, поступающей извне, видят окружающие объекты, их перемещение

и цвет, ориентируются в обстановке и передвигаются в нужном направлении. Воздействие на орган зрения негативных факторов внешней среды (природных, техногенных) может привести к появлению острых и хронических заболеваний, а в некоторых случаях стать причиной полной потери зрения и инвалидизации. Для предупреждения таких последствий производственной деятельности рекомендуются специальные средства защиты. Например, для работников АПК с пониженной функцией зрения, имеющих контакт в своей производственной деятельности с пестицидами (при их приготовлении, обработке посевов сельскохозяйственных культур) предлагается патентное решение конструкции респиратора, включающее фильтрующе-поглощающую систему из пакета эластичных фильтрующего и сорбирующего материалов. Корпус фильтрующей маски соединен с очками, а также резиновым обтюратором и подмасочником. Изоляция подмасочного пространства от окружающей среды в лобной и подбородочной частях обеспечивается как двумя симметричными складками, так и специальной конструкцией очков с пружинными наружными зажимами и возможностью установки на их наружной поверхности линз различных диоптрий в соответствии со степенью пониженности функции зрения работника. Служащий для разделения зоны видимости и дыхания и обеспечивающий незапотеваемость очков, резиновый подмасочник предотвращает увлажнение фильтрующего и сорбирующего материалов выдыхаемым воздухом и накапливание диоксида углерода. Для индивидуального подбора респиратора должна проводиться его инструментальная проверка. При выявленной недостаточной изоляции работник не должен допускаться к выполнению работы, пока не будет подобран подходящий респиратор.

Статистика производственного травматизма в сельскохозяйственном производстве свидетельствует о том, что ремонтные работы и техническое обслуживание транспортных средств остаются наиболее травмоопасными. Создание безопасных условий труда оператора ТС сельскохозяйственного назначения предусматривает проведение ряда мероприятий по снижению производственного травматизма и повышению работоспособности ТС. Для разработки профилактических мероприятий необходимо иметь четкие представления о характере трудового процесса. Эффективность эксплуатации ТС во многом зависит от его технического состояния и соблюдения требуемых условий труда. Большое значение имеет

и состояние здоровья оператора ТС. У усталого работника снижается работоспособность, что зачастую приводит к ошибкам при управлении транспортным средством и, как следствие, возникновению травмоопасной ситуации.

Значительный объем работ по обслуживанию ТС приходится на весенне-летний период, а во время уборки урожая ТС работают круглосуточно. Поэтому техническое обслуживание ТС допускается проводить на месте их работы в полевых условиях. Условия труда в поле значительно отличаются от условий труда на стационаре, это приводит к повышению риска травмирования оператора ТС, снижению качества проведения работ, надежности и эффективности дальнейшей эксплуатации ТС. Известны также случаи, когда при ремонте ТС в подкапотном пространстве внезапно опускался капот, вследствие чего имели место телесные повреждения.

Для повышения безопасности и удобства выполнения работ в подкапотном месте предлагается конструкция оперения ТС с подрессоренной кабиной (рис. 8.22), которое включает капот, соединенный с верхней частью крыла, и нижнюю часть крыла, прикрепленную к подножке и раме. В верхней части зазора между дверью кабины и стенкой капота прикреплена накладка, а к выступающей части кабины – козырек.

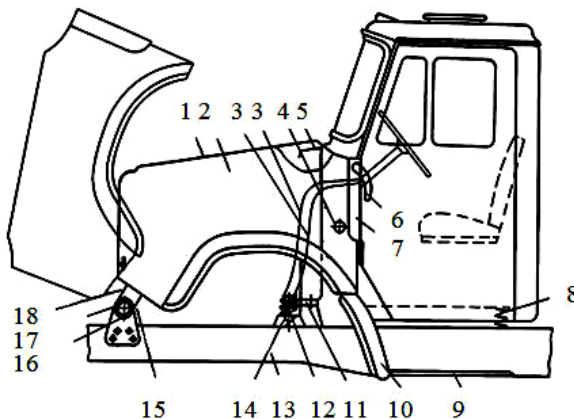


Рис. 8.22. Схема объединенного оперения ТС с подрессоренной кабиной:
 1 – капот; 2 – крыло; 3 – тросики; 4 – кнопка; 5 – козырек; 6 – ручка;
 7 – накладка; 8 – рычаг; 9 – подножка; 10 – нижняя часть крыла; 11 – упор;
 12, 14 – управление дополнительным замком оперения; 13 – рама;
 15 – рычаг регулировочный; 16 – труба; 17 – торсион; 18 – рычаг

Оперение крепится с помощью двух рычагов в передней части к поперечно расположенной трубе, в которую вставлен торсион, соединяющийся шлицами с одной стороны с трубой, а с другой – с регулировочным рычагом. К ручке прикреплены два тросика, действующие на два замка, установленные на раме ТС. Управление дополнительным замком оперения 14 осуществляется путем нажатия на кнопку сбоку оперения. Замок останавливает открывание капота, после того как капот поднимается на определенную высоту, действуя на упор, прикрепленный к кабине. Замки 12 открываются раньше, чем замок 14, который не дает открываться капоту, если замки 12 оказались незаперты. Величина подъема капота обеспечивает полное открытие замков 12. Отсутствие замка может привести к открыванию капота, например при выполнении ремонтных работ. Чтобы подрессоренная кабина имела возможность колебаться при неровной дороге, работе на склонах и т. д., не натываясь на оперение, выполнены зазоры. Колебания кабины, установленной спереди на резиновые подушки, а сзади – на рессоры, совершаются в продольной плоскости вокруг ее передних резиновых опор. Амплитуда колебаний наибольшая в месте, где капот верхней своей частью подходит к кабине, т. е. под ветровым стеклом. Направление колебаний кабины в этом месте проходит параллельно крышке капота. При достаточном перекрытии капота и выступающей части кабины или закреплении козырька появление зазора исключается. Изменяющийся боковой зазор между кабиной и вертикальными стенками капота скрывается накладкой, выполненной в месте наибольших колебаний, т. е. в верхней части зазора между дверью кабины и стенкой капота. Нижняя часть крыла прикреплена к подножке и раме. Часть крыла, прилегающая к капоту, при его отпуске ложится на нижнюю часть крыльев и своим весом через прокладки уплотняет крылья в месте их разъединения.

Пожарная безопасность МСХТ, в т. ч. кормоуборочных комбайнов, зависит от конструктивного ее исполнения. В аварийных ситуациях необходимые оказываются и средства пожаротушения. В настоящее время наблюдается тенденция по обеспечению наиболее опасных мест МСХТ автоматическими установками пожаротушения. В связи с этим предлагается *устройство пожаротушения*, например кормоуборочного комбайна, включающее автономную систему охлаждения двигателя, пусковой клапан и оросители (рис. 8.23). Каждый ороситель выполнен в виде пневматического распылителя с установленной на него пирозарядной капсулой.

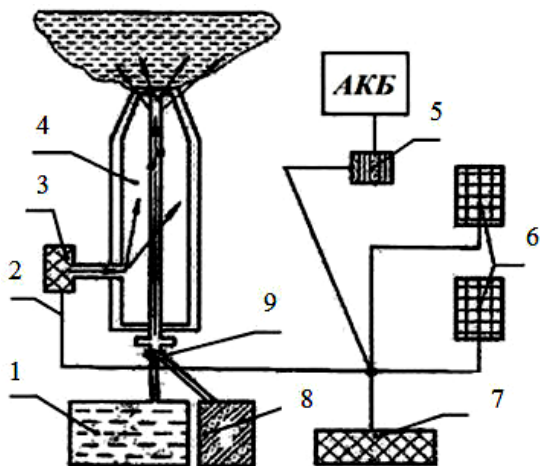


Рис. 8.23. Устройство пожаротушения для кормоуборочного комбайна:

- 1 – емкость для хранения антипирена;
- 2 – основная электрическая цепь кормоуборочного комбайна;
- 3 – капсула пирозарядная; 4 – распылитель пневматический;
- 5 – предохранитель автоматический; 6 – датчик дыма и пламени;
- 7 – извещатель автономный; 8 – пенообразователь; 9 – клапан электромагнитный

Предлагаемое устройство содержит как минимум один пневматический распылитель с пирозарядной капсулой, гидравлически связанный через электромагнитный клапан с емкостями для хранения антипирена и пенообразователя. Состав антипирена соответствует требованиям защиты зданий и сооружений по пожарной безопасности.

Для приготовления антипирена необходим гидрофосфат аммония в количестве 36,3–39,7 мас. %, фосфорная кислота – 20,6–48,4 мас. % и карбамид – 15,3–39,7 мас. %. В эту смесь добавляют никелевый катализатор – 0,2 %–0,5 % от общей массы сухих веществ, перемешивают и нагревают до температуры 120 °С–125 °С, выдерживают 15–25 мин, а затем охлаждают и разбавляют водой до 60%-й концентрации (растворимость антипирена сухого вещества составляет от 40 до 150 г на 100 г воды).

Пирозарядная капсула имеет электрический контакт с автоматическим предохранителем, автономным извещателем, датчиками дыма и пламени, электромагнитным клапаном и с электрической цепью кормоуборочного комбайна. При срабатывании датчиков дыма и пламени, реагирующих на возникающий очаг возгорания,

подается импульс на автономный извещатель, автоматический предохранитель, пирозарядную капсулу и электромагнитный клапан. Автономный извещатель воспроизводит звуковой сигнал, который оповещает оператора кормоуборочного комбайна об угрозе для его безопасности. Автоматический предохранитель обесточивает электрическую цепь кормоуборочного комбайна, открывается электромагнитный клапан и срабатывает пирозарядная капсула, что приводит к выделению под давлением газа, который подается в пневматический распылитель, а затем – в кольцевой канал. Согласно закону Бернулли в потоке газа создается зона пониженного давления и происходит одновременное эжектирование по гидравлическим каналам антипирена и пенообразователя, смешение газа и жидкости и образование смеси, которая распыляется в виде факела пенного аэрозоля на очаг возгорания.

8.4. Организационные мероприятия по очистке сточных вод и защите окружающей среды от вентиляционных выбросов автотранспортных предприятий для обезвреживания и использования отходов животноводческой отрасли сельскохозяйственного производства

Мойку наружных частей кузова и шасси автомобиля производят холодной или теплой (25 °С–30 °С) водой. Чтобы не вызвать разрушения окраски, разница между температурой воды и обмываемой поверхностью не должна превышать 18 °С–20 °С. Однако при мойке только чистой водой ее расход достаточно велик. Для повышения качества мойки и уменьшения расхода воды в 2–3 раза используют специальные моющие вещества – водные растворы синтетических поверхностно-активных веществ. Водные растворы поверхностно-активных веществ наносят на обмываемую поверхность с помощью пистолета или пульверизатора, после чего эта поверхность ополаскивается чистой водой. Таким образом, при мойке автомобиля в процессе технического обслуживания образуются сточные загрязненные воды, проблема очистки которых выходит на первый план с позиции уменьшения воздействия технического обслуживания автомобилей на окружающую среду. В настоящее время обязательным является использование на автотранспортном предприятии системы замкнутого оборотного водообеспечения.

Выбирать методы и оборудование для очистки сточных вод нужно исходя из их количества и концентрации примесей. Стандартная очистка сточных вод согласно технологической схеме происходит в замкнутой системе водообеспечения предприятия. На автотранспортном предприятии сточные воды от отдельных производств объединяются для последующей очистки по преобладающим загрязнителям с учетом их объемов. При очистке сточных вод используются процессы процеживания, отстаивания, обработки в поле действия центробежных сил, фильтрования.

Процеживание осуществляют в вертикальных или наклонных стержневых решетках с шириной пазов 15–20 мм. Применяемые комбинированные решетки-дробилки не только улавливают крупные частицы, но и измельчают их (до 10 мм и менее). Осадок удаляют вручную или механическим путем и обрабатывают.

Отстаивание основано на свободном оседании (всплытии) примесей с плотностью больше (меньше) плотности воды и реализуется в песколовках, отстойниках и жиролоуловителях. Для очистки сточных вод от частиц металла и песка размером более 0,25 мм применяют следующие виды песколовков: горизонтальные (с прямолинейным и круговым движением воды), вертикальные и аэрируемые. Для очистки сточных вод от механических частиц размером до 0,1 мм и нефтепродуктов используют горизонтальные, радиальные и комбинированные отстойники.

Очистку сточных вод в поле действия центробежных сил реализуют в открытых или напорных гидроциклонах и центрифугах.

Фильтрование применяется для очистки сточных вод от тонкодисперсных примесей с малой концентрацией как на начальной стадии их обработки, так и после физико-химической и биологической очистки, сопровождающейся выделением в воду взвешенных частиц. При этом используют зернистые фильтры (насадки из несвязанных пористых материалов) и микрофильтры, элементы которых изготовлены из пористых материалов.

Для выделения из воды тонкодисперсных и растворенных органических веществ дополнительно к указанным способам можно использовать биологические методы очистки, которые основаны на способности некоторых микроорганизмов усваивать спирты, белки и углеводороды. Биологическую очистку осуществляют в природных

(поля фильтрации, орошения, биологические пруды) и искусственных условиях (биофильтры), а также в аэротенках и окситенках.

Аэротенки по конструкции аналогичны отстойникам, в которые помещают активный ил, содержащий микроорганизмы, и подают сжатый воздух, обеспечивающий интенсификацию процесса окисления органических примесей.

Окситенки являются модификацией аэротенков. В них вместо сжатого воздуха подается кислород, что еще более интенсифицирует процесс окисления, но усложняет условия эксплуатации вследствие взрывопожароопасности кислорода.

Нормальный ход процесса биологической очистки устанавливается только после образования на загрузочном материале биологической пленки, микроорганизмы в которой адаптировались лишь к определенным органическим примесям сточных вод предприятия. Указанный период адаптации составляет 2–4 недели при соответствующем температурном режиме для жизнедеятельности микроорганизмов.

Защита окружающей среды от вентиляционных вредных выбросов автотранспортных предприятий производится с помощью системы механической приточно-вытяжной вентиляции с соответствующей очисткой от вредных примесей. В первую очередь необходимо осуществить защиту от пыли, образующейся как при первичной сухой зачистке автомобиля, его агрегатов и деталей, так и в процессе их механической обработки при восстановлении и изготовлении. Вместе с тем при ремонте автомобилей в атмосферных выбросах цеховой вентиляции могут содержаться туманы кислот, щелочей, масел и других жидкостей, а также газо- и паробразные вредные примеси. Конструкции различных воздухоочистителей разнообразны (одиночные, групповые и батарейные циклоны, пылеуловители-фильтры, электрофильтры, мокрые пылеуловители и др.), что отражено в специальной литературе.

Достаточно эффективными и в определенной мере универсальными среди известных устройств являются мокрые воздухоочистители. Положительные их качества – возможность улавливать пожаро- и взрывоопасные пыли и вещества, способность выделять из воздуха вредные туманообразные и газовые примеси. Такие устройства различаются по конструктивному исполнению (скрубберы Вентури, форсуночные и центробежные скрубберы, аппараты ударно-инерционного

действия, барботажно-пенные аппараты, насадочные скрубберы и др.). Учитывая, что в ремонтном цехе уже имеется система оборотного водоснабжения с очисткой воды от вредных примесей, применение мокрых воздухоочистителей является наиболее предпочтительным, поскольку решается вопрос утилизации загрязненной шламом воды, используемой для орошения таких воздухоочистителей. Перспективным для использования в данном случае является газопромыватель с подвижным слоем насадки, имеющий относительно невысокое энергопотребление при функционировании. Внутри аппарата размещена подвижная орошаемая сверху насадка, состоящая из насыпных элементов в виде легких шаров, которые при подаче воздуха хаотично движутся между опорной и отражательной тарелками, омываясь при этом орошающей водой. В результате в аппарате образуется так называемый псевдосжиженный слой, где и происходит очистка воздуха.

Отходы животноводства образуются в огромных количествах по причине того, что животные сконцентрированы на животноводческих фермах. Сбор и удаление навоза и других выделений на животноводческих фермах длительное время представляют серьезную проблему. Основной способ удаления навоза – вывоз его на поля, т. е. возвращение в землю в виде удобрения. Однако при существующих средствах удаления твердых отходов возникает опасность загрязнения почвы. Отходы животноводства, а также химические удобрения и навоз загрязняют поверхностные и подземные воды. Повсюду вода рек, протекающих в сельскохозяйственных районах, содержит значительное количество нитратов и фосфатов, причем первые из них образуются за счет внесения в почву отходов животноводства, а последние – за счет внесения промышленных химических удобрений.

Отходы животноводства – хорошее органическое удобрение, но оно не может конкурировать с химическими удобрениями, такими как мочевины, фосфаты, нитраты, нитрофосфаты, аммоний и их смеси с калийными солями. Кроме того, на вывоз животноводческих отходов, их распределение по площади и заделку в почву требуются большие затраты труда. После сушки отходов животноводства состав их изменяется и становится примерно эквивалентен 1N, 1P, 1K, что соответствует содержанию 1 % N, 1 % P и 1 % K. Это значительно меньше, чем в химических удобрениях, содержащих 10N, 10P, 10K. Кроме того, химические удобрения легко распределить по поверх-

ности обрабатываемого поля и они достаточно быстро впитываются почвой. Поэтому в сельской местности отходы птицеводства и животноводства часто выбрасывали за пределы деревни. Однако при промышленном производстве птицы, говядины и свинины возникла проблема, связанная с загрязнением отходами атмосферного воздуха, поверхностных и фунтовых вод и почвы.

С развитием птицеводства появились крупные птицефабрики, размещаемые, как правило, вблизи крупных городов, и занимающиеся производством яиц, переработкой птицы на мясо, воспроизводством молодняка и выращиванием кормовых культур на собственных землях. В результате хозяйственной деятельности на птицефабриках образуется достаточно большое количество твердых отходов, например от кур-несушек массой 2,0–2,5 кг собирают около 0,11 кг помета (70%-й влажности) ежедневно, или 30 г твердого вещества в сутки. Птицеводство является одним из источников загрязнения атмосферного воздуха, подземных и грунтовых вод и почвы. Ценность птичьего помета как удобрения зависит от возраста птицы, способа содержания, влажности помета и других факторов. В птичьем помете содержится 1 %–3 % N, 0,5 %–1,5 % P и 0,5 %–0,8 % K.

В состав куриного помета входит 75 %–80 % воды, 15 %–18 % летучих веществ и до 7 % золы первоначальной массы помета. В сухом остатке после удаления влаги содержится около 37 % протеина и 34 % углеводов, 13 % липидов и 9,6 % алюмоокислот. В целом с учетом углеводов в помете может содержаться 62 %–75 % пектинов, целлюлозы и других подобных веществ. Количество Са составляет в сухом остатке 9,3 %, К – 0,7, P – 1,5, N – 5,9 %, причем в аммонийной форме находится до 11,8 % общего количества азота. Плотность помета – 1,75–1,85 т/м³, рН – 6,9–7,4, соотношение C:N равно 8:12, БПК – 30–35 тыс. мг/кг, ХПК – 150–160 тыс. мг/кг.

Птичий помет содержит большое количество кальция, много мелких и плотных частиц, что способствует его длительному хранению.

Запрещено сбрасывать навоз на мерзлую землю и снег, чтобы предотвратить последующее смывание навоза талыми водами и попадание его в открытые водоемы. Запрещено также размещать птичий помет вблизи жилищ, санаторно-курортных зон, кемпингов и зон рекреации в летний период. Поэтому возникает необходимость в организации мест временного хранения отходов до того момента, когда их можно будет внести в почву. Для этого используют

глубокие ямы, устраиваемые в виде резервуаров. При планировании места временного хранения отходов учитывают время хранения и ежедневное поступление отходов, степень распространения запаха. Резервуар можно располагать выше или ниже поверхности земли. Чаще его размещают ниже уровня земли для более легкого заполнения.

Зная предполагаемое время хранения отходов, можно установить размеры навозохранилища. Если учесть, что от 1000 кур-несушек образуется около $0,113 \text{ м}^3$ помета в сутки, то для хранения отходов от 1000 птиц в течение 5 месяцев потребуется хранилище вместимостью $16,8 \text{ м}^3$ отходов и вода в случае использования гидравлических способов удаления помета. В процессе постепенного заполнения резервуара происходит осаждение тяжелых фракций, таких как соединения кальция, с образованием плотной массы в придонной его части. С целью полного опорожнения резервуара в него перед выгрузкой заливают воду и начинают откачивать жидкую массу с понижением уровня в нем на $\frac{1}{3}$ глубины резервуара, затем оставшуюся массу размешивают и через 15–30 мин ее выгружают. Сверху резервуары перекрывают бетонными плитами.

Сухой помет хранят в крытых помещениях, которые должны быть полностью изолированы, чтобы предотвратить размножение мух.

Достаточно широко применяют высушенный птичий помет, используемый в качестве органического удобрения. Обезвоживают помет механическим или термическим способом.

Механическое обезвоживание осуществляют обработкой помета в пресс-фильтрах или центрифугированием. В результате механической обработки содержание влаги в помете уменьшается до значения, при котором помет можно хранить длительное время. Обычно после механического обезвоживания остается около 60 % влаги. Такой помет при хранении нагревается и выделяет сильный запах. Применение вакуум-фильтров для обезвоживания птичьего помета экономически невыгодно.

Применять термическое обезвоживание более удобно для переработки отходов птицеводства. Эффективность работы сушилок зависит от значения влажности исходного материала, которое не должно превышать 65 %, и резко возрастает при значении ниже указанного.

В начальный период влажность птичьего помета составляет 70 %–80 %, поэтому при термическом методе обезвоживания ее необходимо

снижать. Значительного снижения начальной влажности птичьего помета можно достичь на стадии накопления его в птичнике путем естественной циркуляции воздуха непосредственно в самом птичнике и пропуска воздуха над сборной ямой перед ее выгрузкой. За счет этих мероприятия исходную влажность помета можно снизить до 60 %–40 % и более, что значительно повышает эффективность последующего термического обезвоживания. Уменьшение первоначальной влажности на 15 % позволяет в 2,5 раза увеличить эффективность работы сушильного оборудования.

Центрифугирование также может уменьшить влажность птичьего помета. Оно эффективно лишь при влажности обрабатываемого помета 80 %–90 % и позволяет уменьшить ее до 60 %. Такой помет пригоден только для последующей термической обработки, а образующийся при этом центрифугат имеет очень высокое значение БПК и требует специальной обработки.

Для определения экономической эффективности комплексного использования методов центрифугирования и термической обработки необходимо сопоставлять их преимущества и недостатки с учетом качества получаемых удобрений. Влажность продукта, поступающего в сушку, может быть снижена путем рециркуляции части высушенного продукта. Для этого перед подачей в сушильный аппарат влажный материал смешивают с сухим. Существует много технологических схем сушки и последующей упаковки птичьего помета, однако все они действуют практически по одному и тому же принципу.

Большое влияние на химический состав получаемых органических удобрений оказывает возраст помета, т. е. время с момента его образования до сушки. При длительном хранении теряются полезные вещества, особенно азотсодержащие.

Для обезвреживания отходов птицефабрик можно использовать метод аэробного компостирования, протекающего вследствие биологической активности микроорганизмов, существующих в этих отходах. При достаточном количестве воздуха преобладают аэробные типы организмов, которые, используя кислород для дыхания и метаболизма, выделяют CO_2 , H_2O и тепло. Желательный диапазон влажности птичьего помета для компостирования – 35 %–50 %. При меньшей влажности снижается активность микроорганизмов, а при большей уменьшается доступ кислорода. Для обеспечения стабильного

процесса компостирования органических отходов соотношение углерода к азоту должно составлять 20:1, у птичьего помета обычно это соотношение колеблется от 8:1 до 12:1. Нормальная температура компостирования 50 °С–60 °С. С увеличением температуры может произойти самовозгорание, а если температура опускается ниже указанного предела, деятельность бактерий снижается или прекращается.

Компостирование проводят частично в биостабилизаторах с последующим дозреванием в буртах. Процесс компостирования отходов птицеводства можно организовать и на открытых площадках в буртах с еженедельным перелопачиванием всей массы компоста.

Анаэробное компостирование для обезвреживания отходов птицеводства практически не применяют.

Используется способ получения высококачественного протеина, основанного на использовании птичьего помета для производства куколок мух с последующим их высушиванием, измельчением и использованием в качестве пищевого компонента с высоким содержанием протеина. Этот способ состоит в распределении птичьего помета тонким слоем на сетчатом полу, т. к. свежий помет является хорошей средой для роста личинок мух. В распределенную массу помещали яйца мух из расчета три яйца на 1 г помета. Образующиеся личинки проделывали отверстия в массе и аэрировали ее. На пятые сутки над массой устанавливали лампы дневного освещения мощностью 40 Вт и освещали ее 2 сут. В течение первого часа освещения личинки выползали из массы и падали в емкость, расположенную под сеткой. Остальное время освещение использовали для удаления оставшихся личинок и подсушивания массы. При этом личинки вступали в третью фазу своего жизненного цикла – окукливание. Куколки собирали, сушили и измельчали до тонкости помола муки. Оставшийся помет полностью высыхал и не имел запаха. Он пригоден как для размещения в земле, так и для дальнейшей сушки, гранулирования, упаковки и продажи.

Для выбора оптимального способа переработки отходов свиноводства важно знать, что на их физические и химические свойства влияют физиология (размер, пол, порода и активность) животных, рацион (усвояемость и содержание протеина и волокна), а также окружающая среда (температура и влажность). Добавление в пищу антибиотиков для профилактики заболеваний влияет на биологические

свойства отходов. При введении свиньям больших доз антибиотиков значительная часть последних может проходить через пищеварительный тракт и ограничивать биологическую переработку навоза до тех пор, пока путем разбавления не будет снижена концентрация антибиотиков. В качестве стимулятора роста в пищу добавляют медь в виде сульфата или оксида. Большая ее часть переходит в отходы и ограничивает рост бактерий.

Количество ежесуточных отходов от свиней колеблется в зависимости от породы и возраста свиньи, метода откармливания и состава самих отходов, количества сточных вод (табл.). В среднем количество сточных вод составляет на 45 кг живой массы свиней до $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{сут}$, или 3,6 л/сут.

Таблица

Показатели отходов свиноводства

Животные	Показатель		Количество отходов			
	Возраст, неделя	Масса, кг	жидких и твердых		только твердых	
			м ³	л	м ³	кг
Поросята	6–9	18,1	0,002	1,7	0,001	1,1
	9–13	45,3	0,004	3,6	0,003	2,7
Свиньи:	18–23	95,2	0,008	84,0	0,006	5,6
– без подстилки	20–52	136,0	0,012	12,0	0,008	7,9
– на подстилке	52 и более	226,7	0,020	18,9	0,014	13,6
Боровы	–	–	0,015	15,1	0,014	13,6

Количество навоза, подлежащего обработке, от свиней различной массы можно определить по таблице. Количество жидких отходов зависит главным образом от объемов воды, используемой для очистки помещений. Содержание твердых веществ в отходах составляет на 100-килограммовую свинью около 1 кг/сут, а летучих твердых веществ – около 0,34 кг/сут.

Если вблизи свиноводческих комплексов имеются достаточные площади земельных угодий, то навоз вносят разбрасыванием. Жидкие отходы свиноводства, распределяемые по полям дозой 11–30 т/га, являются для почвы дополнительным источником питательных веществ.

Влияние органических отходов на окружающую среду и водные организмы определяют по количеству кислорода, потребляемого аэробными бактериями для биологического разрушения органических веществ (БПК), и химическому потреблению кислорода (ХПК). По БПК и ХПК устанавливают количество химически окисляемого органического вещества в отходах. В среднем БПК составляет около 0,14 кг/сут в расчете на свинью массой 45 кг, а ХПК – около 1,4 кг/сут.

Для сравнения влияния отходов животноводства с бытовыми отходами введен популяционный эквивалент (ПЭ), который определяют как отношение БПК в отходах, образующихся при содержании животных, и БПК в отходах, образующихся в результате жизнедеятельности людей. Для свиньи массой 45–56 кг ПЭ = 2, т. е. БПК отходов, производимых одной свиньей, эквивалентно отходам от двух человек. Объемы же отходов, подлежащих обработке, будут сильно отличаться, т. к. отходы от свиней имеют более высокую концентрацию.

Один из наиболее распространенных способов удаления отходов животноводства – внесение их в почву в твердом виде. Он экономичен, но имеет недостатки как на стадии образования, так и на стадии удаления: сильный запах, потребность в ежедневной очистке пола, необходимость в подстилке для поглощения жидкости, размножение мух и других насекомых, неприятный вид отходов, значительная площадь земельных угодий для их размещения, более значительные потери питательных веществ, чем при обработке жидким навозом. К недостаткам относят также плохие условия работы, поэтому такой способ размещения отходов применяют все реже.

Способ внесения навоза в жидком виде наиболее популярен. В остальных случаях жидкие отходы смывают с пола, собирают и хранят в емкостях, затем с помощью насосов перекачивают в цистерны и вывозят на поля. Самый распространенный метод транспортировки жидких отходов – в вакуумных цистернах, куда жидкий навоз закачивают через вакуумные трубы. С помощью этих же труб навоз под давлением распределяют на полях. Цистерны рассчитаны на 3000–7600 л.

Основная проблема при внесении жидкого навоза – устранение запаха, для этого к навозу перед транспортировкой добавляют специальные вещества, уменьшающие запах. Желательно разбрызгивать

навоз в прохладный безветренный день. После внесения навоза почву необходимо обработать дисковым культиватором, что также уменьшает запах.

Неплохие результаты получают при закладке навоза в заранее подготовленные борозды, выполненные плужной вспашкой на глубину 0,15–0,20 м. После внесения навоза их закрывают землей с помощью плуга.

Также распространен способ удаления жидкого навоза и сточных вод с использованием дождевальных машин, применяемых при орошении. В этом случае в местах содержания животных предусматривают системы гидронавозоудаления, резервуар-хранилище, систему гидротранспорта, дождевальные машины типа ДДН. При использовании этого способа удаления навоза необходимо разбавлять навоз водой до концентрации твердых веществ 5 %–10 %, перемешивать навоз перед перекачкой и промывать всю систему чистой водой после перекачки навоза.

В практике обращения с отходами свиноводства для их переработки применяли способы анаэробного и аэробного окисления, используемые в системе удаления ТКО. С целью обезвреживания отходов свиноводства за рубежом достаточно широко используются так называемые анаэробные водоемы. К числу анаэробных, применяемых при обработке отходов животноводства, относят анаэробные водоемы, анаэробные автоклавы и септические резервуары. Главное преимущество анаэробной обработки – способность разрушать большее количество органического материала на единицу объема, чем при аэробной обработке, а также возможность в определенных условиях получать полезный продукт – метан. Газ, производимый в автоклавах, содержит 60 %–80 % метана. Остальной газ – это двуокись углерода с небольшими количествами различных промежуточных продуктов. Содержание последних не превышает 1 %, но именно они вызывают неприятный запах, связанный с анаэробным разложением.

Анаэробное разложение – сложный процесс, и для управления им необходимо контролировать определенные параметры (температуру, pH, присутствие токсичных веществ).

Анаэробные водоемы применяют для хранения и обработки отходов свиноводства благодаря низкой стоимости и простоте оборудования. Но используют их не всегда успешно: иногда возникает сильный

запах; содержимое водоемов, просачиваясь через грунты основания, загрязняет поверхностные и грунтовые воды; отходы разлагаются не полностью, и через некоторое время водоемы заиливаются.

Максимальная скорость загрузки анаэробных водоемов определяется их размером и колеблется в зависимости от температуры. Продолжительность разложения уменьшается с 100 до 50 сут при повышении температуры от 10 °С до 21 °С, поэтому метод предпочтительнее для районов с теплым климатом. Рекомендуемая скорость загрузки для южных регионов составляет 16–160 г/сут твердых веществ на 1 м³ водоема. Для регионов с умеренным климатом рекомендуется постоянная загрузка со скоростью 80 г/сут твердых веществ на 1 м³, что соответствует примерно 4,2 м³ водоема на свинью массой 45 кг.

Место для анаэробного водоема выбирают вдали от жилых строений при условии, что преобладающие ветры не относят запах к населенным пунктам. Грунт под водоемом должен быть непроницаемым. Однако одни исследователи считают, что отходы свиноводства могут кольматировать основание, а другие указывают, что на протяжении нескольких лет после внесения происходит просачивание отходов через придонные слои. Нельзя устраивать водоемы на песчаных почвах или известняковых формациях без специальных противодиффузионных экранов.

По конструкции водоемы должны быть аналогичны бассейнам или навозохранилищам, используемым на фермах. Они могут иметь круглую, квадратную или прямоугольную формы в плане. Лучше делать водоемы шириной до 15 м, чтобы можно было удалять ил с помощью экскаватора либо всасывающего грунтового насоса. Поскольку для анаэробных водоемов обязательно проникновение света или свободного кислорода, они должны быть достаточно глубокими.

В глубоких водоемах поддерживают постоянную температуру, что способствует интенсификации процесса анаэробного разложения. Чем меньше площадь водной поверхности водоема, тем слабее запах. Обычно глубина таких водоемов составляет 3,0–3,6 м.

Отходы вводят в водоемы так, чтобы твердые вещества распределялись равномерно и не накапливались по краям, для чего используют сливную трубу, которую располагают как над водной поверхностью водоема, так и под ней. Сток из анаэробных водоемов

с отходами свиноводства в естественные водные источники не допускается. Поверхностный сток дождевых и талых вод необходимо отводить от водоема, т. к. он способствует его переполнению. Все водоемы, особенно анаэробные, с большой глубиной огораживают, чтобы туда не могли попасть дети или домашние животные.

Новый водоем заполняют дождевой водой, после чего отводят поверхностный сток. При понижении уровня в водоеме туда добавляют воду, чтобы твердые вещества постоянно находились под водой.

Эксплуатацию водоема лучше начинать летом, а отходы в водоеме размещать после того, как он будет заполнен водой хотя бы наполовину. Вводя в водоем затравку из другого действующего анаэробного водоема либо из действующего автоклава (аэротенка) станции очистки городских сточных вод, увеличивают скорость бактериальных процессов. Лучше вводить отходы непрерывно, не накапливая их.

Для улучшения условий работы водоема и продления срока его эксплуатации в некоторые периоды года отходы можно разбрызгивать на сельскохозяйственные угодья, а водоем использовать только тогда, когда вывезти их на поля невозможно. Поступающие органические вещества необходимо перемешивать с уже накопившимся в водоеме илом, вводя их через входную трубу. Перемешивание происходит также под действием ветра и пузырьков выделяющегося газа.

Аэробное разложение – уменьшение количества органического вещества под действием аэробных микроорганизмов, поглощающих свободный кислород. Эти микроорганизмы используют отходы в качестве субстрата, разрушая их органическую часть до воды и окиси углерода. В атмосферу выделяется некоторое количество азота, но основная его часть переводится в нитриты и нитраты. Аэробные бактерии не обладают 100%-й эффективностью разрушения органического вещества, они обычно разлагают лишь до 40 %–50 % органических твердых веществ. Основное преимущество аэробного разложения – отсутствие запаха. Поэтому некоторые виды аэробной обработки перспективны для многих систем обработки животноводческих отходов. К преимуществам аэробного разложения относят также частичное разложение летучих (органических) веществ, разрушение большей части (возможно, полностью) патогенных организмов, концентрирование минеральной части отходов.

Обычный *аэробный* (естественно аэрируемый) *водоем* – это бассейн глубиной 0,9–1,2 м, используемый для очистки сточных вод и других жидких отходов. Очистка происходит под действием тепла и солнечного света, способствующих росту водорослей. При правильном обращении по истечении необходимого времени органический материал существенно разрушается и БПК уменьшается. Предполагалось, что большинство первых водоемов для животноводческих отходов будут действовать как аэробные, но они в основном оказались анаэробными из-за высокой плотности заполнения.

В последнее время интерес вызывает возможность использования *водоемов с принудительным* (механическим) *аэрированием* для обработки отходов свиноводства. Принцип действия таких водоемов следующий: в аэрируемом водоеме устанавливают плавающий аэратор, с помощью которого разрушается большая часть твердого органического материала вспениванием, способствующим более полному разложению органических веществ.

Механически аэрируемые водоемы рекомендуют выполнять круглой или вытянутой формы и глубиной 4,5–6,0 м. Объем водоема определяют из расчета 0,006 м³ на 1 кг массы свиньи. Основанием водоема должны быть плотные водонепроницаемые глины, в противном случае предусматривают противофильтрационный экран. Водоем желательно располагать вблизи свинарника, чтобы уменьшить длину эксплуатационных трубопроводов. В процессе эксплуатации водоема необходимо поддерживать непрерывную работу аэратора.

Метод использования *каналов для окислительных процессов* был разработан в Нидерландах для очистки сточных вод, образующихся от небольших поселков. Канавы для окислительных процессов – это открытый канал, содержащий отходы. Аэрирующий ротор перемешивает их, вводя воздух, содержащий кислород, необходимый для аэробных бактерий. Функция ротора – поддерживать циркуляцию в канаве, чтобы твердые частицы не оседали, т. е. ротор должен работать непрерывно.

Наиболее распространены канавы овальные или в виде кольца. Возможны и другие формы, но радиус кривизны в конце канавы не должен быть слишком мал, т. к. это увеличивает сопротивление потока отходов и вызывает оседание частиц. Необходимый объем канавы выбирают из расчета 1 м³ на каждые 240–320 кг массы

животных, чтобы обеспечить необходимое разбавление. Время пребывания отходов в канаве – около 50 сут. Объем кислорода должен составлять 0,6 кг/сут на свинью массой 90 кг.

Каждый ротор должен быть отрегулирован в воде на заданную глубину погружения, чтобы обеспечить его способность к аэрации. В практике применяют роторы с подачей от 1,95 кг кислорода на 1 м ротора при глубине погружения 15 см и частоте вращения 100 мин^{-1} до 8,5 кг на 1 м длины ротора при глубине погружения 30 см и той же частоте вращения. Для грубой оценки можно использовать такое соотношение: 1 м длины ротора при глубине погружения 15 см и частоте вращения 100 мин обеспечивает необходимое количество кислорода для окисления отходов от 20–25 свиней конечной стадии откорма.

Глубина погружения ротора влияет на интенсивность насыщения кислородом, скорость течения жидкости, количество потребляемой энергии. От уровня жидкости в канаве зависит время пребывания твердых частиц во взвешенном состоянии. Как правило, ротор погружают на глубину, равную около $\frac{1}{3}$ глубины жидкости в канаве, чтобы предотвратить осаждение твердых частиц. Глубину канавы принимают 30–60 см.

Перед эксплуатацией канаву заполняют водой, опускают ротор на необходимую глубину. Если в канаве находится необработанный (септический) навоз, то эксплуатацию его начинать нельзя. Следует вводить навоз в канаву аккуратно, чтобы предотвратить или уменьшить вспенивание, и использовать при этом специальные антипенные вещества, такие как растительные и минеральные масла. При развитии в канаве микрофлоры вспенивание уменьшается, что может продолжаться до 2–3 недель. В пусковой период иногда наблюдается легкий запах аммиака. Сократить этот период можно, введя затравку (активный ил) из действующей окислительной канавы либо из системы очистки городских сточных вод. Такая необходимость не возникает, если не очищать канаву полностью, а оставлять в ней хотя бы часть объема активного ила в качестве затравки при заполнении канавы водой перед новым циклом.

Главная трудность при эксплуатации канавы – вспенивание вследствие неполной обработки. Необходимо предусмотреть запас глубины канавы для образования пены около 30 см. Появление пены и запаха служит сигналом оператору и свидетельствует о неудовлетворительном течении процесса. Обычно при нормальной эксплуатации канаве

присущ запах земли. Цвет жидкости также является показателем условий протекания аэробного окисления: темно-зеленый свидетельствует об анаэробном процессе и необходимости увеличить подачу кислорода, а густой коричневым – о нормальных условиях процесса. Если не поддерживать аэробные условия, то развивающиеся анаэробные бактерии будут способствовать образованию запаха и пены. Перед включением ротора, который не работал более 2–3 сут, необходимо открыть помещение и включить вентиляцию.

Важное значение имеет регулярный профилактический осмотр оборудования, особенно роторных подшипников, которые могут засоряться щетинками от свиней и другими инородными материалами. Поэтому целесообразно выбирать конструкцию ротора, при которой возможны осмотр и замена подшипников.

По истечении нескольких месяцев с начала действия окислительной канавы часть ила необходимо удалить, чтобы предотвратить накопление твердых веществ, вызывающих запах.

Поскольку ротор создает гидравлический напор, входное отверстие иловой ловушки может быть размещено в канаве при выходе потока. Если входное отверстие поместить сразу после ротора, то направление потока может измениться. Как только поток попадает в ловушку, скорость его будет уменьшаться и твердые частицы начнут оседать. Иловую ловушку необходимо периодически очищать, перекачивая ил либо прямо на поля для разбрызгивания, либо на подсушку. Если иловая ловушка отсутствует, то содержание твердых веществ снижают, частично слив жидкость и разбавив оставшееся количество водой.

Содержимое окислительных канав нельзя выпускать в естественные водоемы. Его направляют в отстойник для осаждения твердых частиц, а затем в канал или хранилище для сбора воды из окислительных канав. Если необходимо, воду перекачивают из хранилища в цистерну, а потом вывозят на поля.

Ядовитые газы и запахи, образующиеся при хранении отходов, могут вызывать раздражение слизистых оболочек глаз, органов дыхания, а также кожных покровов как у свиней, так и у обслуживающего персонала.

При хранении навоза выделяются главным образом двуокись углерода, сероводород, метан и большая группа других органических

соединений. Предельно допустимая концентрация – это концентрация, при которой воздействие соединения на обслуживающий персонал в течение 8-часового рабочего дня на протяжении всей его трудовой деятельности не приведет к каким-либо вредным последствиям. Выражают ее в частях либо в процентах (1 % равен 10 000 ч/мин). ПДК для свиней, особенно для поросят, меньше, чем для людей, т. к. вредные газы действуют на них круглосуточно.

Двуокись углерода CO_2 – газ без цвета и запаха, значительно тяжелее воздуха, хорошо растворим в воде. В атмосферном воздухе содержится около 0,03 % CO . В свинарнике в результате дыхания свиней и разложения навоза выделяется избыточное количество CO_2 . В вентилируемом свинарнике концентрация CO_2 составляет 0,6 %–1,8 %. В помещении без вентиляции через 6 ч концентрация CO_2 достигает более 4 %. ПДК для CO_2 составляет 0,5 %. Концентрации CO_2 около 10 % вызывают удушье, а более высокие – наркотическое действие. Смерть может наступить через 4 ч пребывания в помещении с концентрацией CO_2 25 % и более.

Аммиак NH_3 – бесцветный газ с характерным едким запахом. Он легче воздуха и хорошо растворим в воде, не горит, но воздушная смесь, содержащая более 16 % аммиака, взрывоопасна. Аммиак выделяется как из свежего навоза, так и из находящегося в состоянии анаэробного разложения. В свинарниках с решетчатыми полами его концентрация меньше, чем в помещении с твердыми полами. В вентилируемых свинарниках концентрация аммиака составляет до 35 %, а без нее – до 0,0176 %. ПДК для человека установлена до 0,005 %, но в течение нескольких часов концентрация NH_3 может повышаться до 0,010 % без оказания на человека каких-либо серьезных последствий.

Концентрация 0,5 % может вызывать у свиней удушье, 0,01 %–0,02 % – чиханье, слюнотечение и потерю аппетита. Длительное воздействие высоких концентраций может повысить восприимчивость свиней к респираторным заболеваниям.

Сероводород H_2S – бесцветный газ с запахом тухлых яиц, несколько тяжелее воздуха, растворим в воде, горит синеватым пламенем, образуется при разложении органических отходов в анаэробных условиях. В нормальных вентилируемых свинарниках его концентрация составляет 0,000 009 %, через 6 ч после отключения вентиляции она возрастает до 0,000 0028 %. Опасные концентрации могут

образоваться при интенсивном перемешивании хранимых жидких отходов. Были отмечены концентрации до 0,02 %–0,03 % через несколько минут после перекачки отходов из резервуара-хранилища и до 0,08 % в течение интенсивного перемешивания. О присутствии сероводорода свидетельствуют характерное почернение медных частей оборудования в результате образования сульфида меди либо появившийся белый осадок сульфида никеля на оцинкованной стали, а также почернение свинцовых красок.

Сероводород – один из наиболее токсичных газов, образующихся при хранении жидких отходов, даже в небольших концентрациях. Его специфический запах не служит предостережением, т. к. чувствительность к нему быстро снижается и сила запаха не возрастает пропорционально концентрации сероводорода. Его ПДК составляет 0,001 %. Высокие (до 0,08 %–0,10 %) концентрации сероводорода вызывают немедленную потерю сознания и смерть в результате паралича дыхания.

Продолжительное воздействие низких концентраций сероводорода также может вызвать неприятные последствия. Например, постоянное пребывание в помещении с концентрацией сероводорода до 0,002 % вызывает у свиней боязнь света, потерю аппетита, нервозность, а свыше 0,002 % – рвоту и понос. После воздействия высоких концентраций сероводорода на свиней их можно привести в нормальное состояние, но они будут предрасположены к пневмонии и другим респираторным заболеваниям.

Метан CH_4 – бесцветный газ, не имеющий запаха, значительно легче воздуха, плохо растворим в воде и легко воспламеняется. Он образуется при анаэробном разложении навоза. При наличии хорошей вентиляции он легко удаляется из помещения, обычно в свинарниках его концентрация значительно ниже опасной, равной 5 %.

Особо опасные ситуации возникают при хранении отходов, выделяющих газы. Они могут вызывать смертельный исход как для свиней, так и для людей. Например, отмечена гибель свиней при поломке вентиляции в свинарнике, когда жидкий навоз интенсивно перемешивали в навозной яме, расположенной под решетчатыми полами, или когда животное падало в яму. Люди умирали, входя в хранилище, и котором не работала вентиляция.

При остановке вентиляции в плотно закрытом свинарнике свиньи могут погибнуть от удушья вследствие недостатка кислорода

и увеличения концентрации углекислого газа или от теплового удара. Условия становятся критическими при уменьшении концентрации кислорода с 21 % (нормальная концентрация) до 10 % и менее. Свинарники должны быть оборудованы системами безопасности и предупреждения обслуживающего персонала при отказе вентиляционной системы. Нельзя входить в хранилище, которое предварительно не провентилировано, без специальной маски. Необходимо также подстраховывать оператора веревкой, чтобы вытащить его при первых сигналах опасности.

Таким образом, важной задачей на сегодняшний день является охрана окружающей среды от отходов животноводства (от попадания навозных стоков, ядохимикатов, нитратов, микроорганизмов и других веществ в подземные и пресные воды (водохранилища, озера, реки, пруды), в почву и атмосферу). Для выполнения этой задачи необходима правильная утилизация отходов с помощью новых технологий, таких как очистка навозных стоков при помощи навозохранилищ и переработка или сбраживание навозной массы (в результате которой гибнут все патогенные микроорганизмы). Дальнейшее развитие аграрного производства, механизация и химизация земель значительно повышают роль охраны окружающей среды в сельском хозяйстве. Экологические требования принципиально важны для экономической эффективности аграрного производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасная съёмная нескользящая подошва для обуви с каб-луком оператора мобильной сельскохозяйственной техники : пат. № 12586 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) А 43С 15/00 / Ал-р Л. Мисун, Ал-й Л. Мисун, О. Г. Агейчик, Л. В. Мисун, В. А. Агейчик, В. Л. Мисун. – № и 20200218 ; заявл. 09.09.20 ; опубл. 01.03.21 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2021. – № 4.
2. Безопасное сиденье транспортного средства : пат. 16448 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) В 60N 2/06 / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, А. В. Агейчик, В. А. Агейчик ; заявитель Белор. гос. аграрн. техн. ун-т. – № а 20100541 ; заявл. 09.04.10 ; опубл. 30.10.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 5.
3. Безопасное рулевое управление для транспортного средства сельскохозяйственного назначения : пат. 12365 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) В 62Д 1/11, В 60R 21/20 / Ал-р Л. Мисун, Ал-й Л. Мисун, О. Г. Агейчик, Л. В. Мисун, А. Г. Кузнецов, В. А. Агейчик, В. В. Азаренко, В. Л. Мисун, И. Н. Мисун ; заявитель Белор. гос. аграрн. техн. ун-т. – № и 20190316 ; заявл. 20.12.19 ; опубл. 30.08.20 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2020. – № 4.
4. Безопасность жизнедеятельности человека : учебное пособие / В. Н. Босак [и др.] ; под общ. ред. В. Н. Босака. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 312 с.
5. Виброзащитная система сиденья : пат. 7727 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) В 60N 2/54 / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, А. В. Агейчик, В. А. Агейчик ; заявитель Белор. гос. аграрн. техн. ун-т. – № и 20110292 ; заявл. 14.04.11 ; опубл. 30.10.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 5.
6. Гурачевский, В. Л. Введение в атомную энергетику. Чернобыльская авария и ее последствия / В. Л. Гурачевский. – Минск : БГАТУ, 2013. – 188 с.
7. ГОСТ 12.2.019–2015. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. – Взамен ГОСТ 12.2.019–2005 ; введ. 01.11.17. – Минск : Госстандарт, 2017. – 20 с.
8. Дополнительная ступенька транспортного средства : пат. 21154 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) В 60Д 2/14 / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, В. А. Агейчик, Ю. В. Агейчик, А. Н. Гурина ; заявитель Белор. гос. аграрн. техн. ун-т. – № а 20131366 ; заявл. 20.11.13 ; опубл. 30.06.17 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 3.

9. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность : учебное пособие / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2016. – 224 с.

10. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность. Практикум : учебно-методическое пособие / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2020. – 164 с.

11. Кабина транспортного средства : пат. 16024 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) В 62Д 33/06, В 60S 1/56 / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, А. В. Агейчик, В. А. Агейчик ; заявитель Белор. гос. аграрн. техн. ун-т. – № а 20100279 ; заявл. 25.02.10 ; опубл. 30.06.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3.

12. Кабина транспортного средства : пат. 16250 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) В 62Д 33/06 / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, А. В. Агейчик, В. А. Агейчик ; заявитель Белор. гос. аграрн. техн. ун-т. – № а 20100542 ; заявл. 09.04.10 ; опубл. 30.08.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 4.

13. Курдюмов, В. И. Безопасность жизнедеятельности: проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учебное пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зогов. – М. : Юрайт, 2018. – 221 с.

14. Лестница для технического средства : пат. 11743 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) В 60R 3/00, Е 06С 5/00 / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, И. Р. Османова, В. А. Агейчик, Ал-р Л. Мисун, В. В. Азаренко, В. Л. Мисун, Н. Ф. Моисеенко, И. Н. Мисун. – № и 20180012 ; заявл. 14.01.18 ; опубл. 18.06.18 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2018. – № 2.

15. Мисун, Л. В. Безопасность деятельности человека : пособие / Л. В. Мисун, В. В. Азаренко, А. Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2018. – 140 с.

16. Мисун, Л. В. Инженерная экология в АПК : пособие / Л. В. Мисун, И. Н. Мисун, В. М. Грищук. – Минск : БГАТУ, 2007. – 302 с.

17. Мисун, Л. В. Отходы производства и потребления. Проблемы и решения / Л. В. Мисун, В. М. Раубо, Г. А. Рускевич. – Минск : БГАТУ, 2010. – 288 с.

18. Мисун, Л. В. Профессиональная успешность и безопасность операторов мобильной сельскохозяйственной техники: психофизиологический отбор и прогнозирование : пособие / Л. В. Мисун, А. Н. Гурина. – Минск : БГАТУ, 2013. – 184 с.

19. Мисун, Л. В. Снижение влияния грозových проявлений на объектах агропромышленного комплекса / Л. В. Мисун, А. Н. Скрипко. – Минск : БГАТУ, 2015. – 116 с.

20. Мисун, Л. В. Экологическая безопасность на объектах АПК : пособие / Л. В. Мисун, И. Н. Мисун, А. Н. Гурина. – Минск : БГАТУ, 2012. – 216 с.

21. Москитная сетка для автомобиля или трактора : пат. 12000 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) А 01М 3/00 / Ал-р Л. Мисун, О. Г. Агейчик, Л. В. Мисун, В. А. Агейчик, Ал-й Л. Мисун, И. М. Морозова, В. Л. Мисун, И. Н. Мисун. – № u 20180156 ; заявл. 30.05.18 ; опубл. 30.06.19 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 3.

22. Накладка антибликовая на приборную панель автомобиля или трактора : пат. 11911 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) В 60К 37/00, В 60Г 3/00 / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, О. Г. Агейчик, В. А. Агейчик, Ал-р Л. Мисун, В. В. Азаренко, И. М. Морозова, В. Л. Мисун, И. Н. Мисун. – № u 20180075 ; заявл. 16.03.18 ; опубл. 28.02.19 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 1.

23. Напольный коврик транспортного средства : пат. 17559 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) В 60N 3/04 / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, Ю. В. Агейчик, В. А. Агейчик ; заявитель Белор. гос. аграрн. техн. ун-т. – № а 20110472 ; заявл. 14.04.11 ; опубл. 30.10.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 5.

24. Насибулина, Б. М. Опасности производственной среды и способы защиты от них : учебное пособие / Б. М. Насибулина, Е. Г. Локтионова, Т. Ф. Курочкина. – М. : КНОРУС, 2016. – 174 с.

25. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух : пособие / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2011. – 116 с.

26. Организация и управление экологической безопасностью на объектах агропромышленного комплекса / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2009. – 240 с.

27. Подвеска сиденья транспортного средства : пат. 17141 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) В 60N 2/50 / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, А. В. Агейчик, В. А. Агейчик ; заявитель Белор. гос. аграрн. техн. ун-т. – № а 20101444 ; заявл. 07.10.10 ; опубл. 30.06.13 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 3.

28. Предохранительное устройство для карданного вала : пат. 16179 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) F 16P 1/02 / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, В. А. Агейчик, А. В. Агейчик ; заявитель Белор. гос. аграрн. техн. ун-т. – № а 20100171 ; заявл. 08.02.10 ; опубл. 30.08.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 4.

29. Респиратор для защиты органов дыхания и зрения работников агропромышленного комплекса от воздействия вредных веществ : пат. 12362 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) А 62В 7/10, А 62В 23/02 / А. Л. Мисун, О. Г. Агейчик, Л. В. Мисун. – № u 20200017 ; заявл. 24.01.20 ; опубл. 30.08.20 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 4.

30. Сиденье-кондиционер : пат. 31561 Респ. Казахстан, МПК (2006.01) В 60N 2/56 / С. О. Нукешев, Н. Н. Романюк, В. А. Агейчик, Д. З. Есхожин, Е. С. Ахметов, В. Н. Романюк, А. Л. Мисун, К. Д. Джадыгерович ; заявитель Казахск. агротехн. ун-т. – № а 24839 ; заявл. 15.12.14 ; опубл. 30.09.16, Бюл. № 12.

31. Татаренко, В. И. Основы безопасности труда в техносфере : учебник / В. И. Татаренко, В. Л. Ромейко, О. П. Ляпина. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 351 с.

32. ТКП 17.08-03–2006 (02120). Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов механическими транспортными средствами в населенных пунктах. – Введ. 01.09.06. – Минск : Минприроды, 2014. – 26 с.

33. ТКП 474–2013 (02300). Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – Введ. 15.04.13. – Минск : Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2013. – 66 с.

34. Устройство для блокирования самосвальной платформы транспортного средства : пат. 31147 Респ. Казахстан, МПК (2006.01) В 60P 1/04 / С. О. Нукешев, Н. Н. Романюк, В. А. Агейчик, А. Л. Мисун, Л. В. Мисун, В. Н. Романюк ; заявитель Казахск. агротехн. ун-т. – № а 92681 ; заявл. 16.04.15 ; опубл. 16.05.16, Бюл. № 5.

35. Устройство для герметизации рычага управления коробки скоростей в кабине транспортного средства : пат. 16704 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) В 60К 20/04, F 16Н 57/02 / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, А. В. Агейчик, В. А. Агейчик ; заявитель Белор. гос. аграрн. техн. ун-т. – № а 20100627 ; заявл. 23.04.10 ; опубл. 30.12.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 6.

36. Устройство для предупреждения от засыпания за рулем оператора транспортного средства сельскохозяйственного назначения : пат. 12302 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) G 08B 21/06, B 60K 28/06 / Ал-й Л. Мисун, О. Г. Агейчик, Л. В. Мисун, Ал-р Л. Мисун, А. Г. Кузнецов, В. А. Агейчик, В. В. Азаренко, В. Л. Мисун, И. Н. Мисун, В. Л. Мисун, И. М. Морозова. – № u 20190278 ; заявл. 12.11.19 ; опубл. 30.06.20 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2020. – № 3.

37. Устройство для снижения температуры и увлажнения воздуха в салоне автомобиля : пат. 11910 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) F 24F 6/02 / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, О. Г. Агейчик, В. А. Агейчик, Ал-р Л. Мисун, В. В. Азаренко, В. Л. Мисун, И. Н. Мисун. – № u 20180034 ; заявл. 07.02.18 ; опубл. 28.02.19 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 1.

38. Устройство пожаротушения для кормоуборочного комбайна : пат. № 12716 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) A 62C 3/00 / Ал-р Л. Мисун, О. Г. Агейчик, Л. В. Мисун, В. А. Агейчик. – № u 20210033 ; заявл. 28.12.21 ; опубл. 30.10.21 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2021. – № 5.

39. Чехол для кресла транспортного средства : пат. 11800 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) B 60N 2/58 / Л. В. Мисун, Ал-р Л. Мисун, В. А. Агейчик, В. В. Азаренко, Ал-й Л. Мисун, И. Н. Мисун. – № u 20170406 ; заявл. 26.05.18 ; опубл. 27.10.18 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2018. – № 5.

40. Шимшарев, В. Ю. Надежность технических систем : учебник / В. Ю. Шимшарев. – М. : Юрайт, 2017. – 306 с.

41. Шумопоглощающий брызговик моторного отсека трактора : пат. № 12966 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) B 62D 25/16, B 60 R 13/08 / А. Л. Мисун, Л. В. Мисун, В. А. Агейчик. – № u 20210335 ; заявл. 28.12.21 ; опубл. 30.08.22 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2022. – № 4.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АПК – агропромышленный комплекс.
- АЭС – атомная электростанция.
- БПК – биохимическое потребление кислорода.
- ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения.
- ГЭС – гидроэлектростанция.
- ДВС – двигатель внутреннего сгорания.
- МСХТ – мобильная сельскохозяйственная техника.
- МТА – машинно-тракторный агрегат.
- ОГ – отработавшие газы.
- ПДК – предельно допустимая концентрация.
- СЗЗ – санитарно-защитная зона.
- ТКО – твердые коммунальные отходы.
- ТКР – турбокомпрессор.
- ТС – транспортное средство.
- ТЭС – тепловая электростанция.
- ХПК – химическая потребность в кислороде.
- ЧАЭС – Чернобыльская атомная электростанция.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

Мисун Леонид Владимирович,
Мисун Алексей Леонидович,
Мисун Александр Леонидович

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Пособие

Ответственный за выпуск *В. Г. Андруш*
Редактор *Д. А. Значёнок*
Корректор *Д. А. Значёнок*
Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского*
Дизайн обложки *А. А. Покало*

Подписано в печать 18.04.2023. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 12,32. Уч.-изд. л. 9,64. Тираж 99 экз. Заказ 107.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–1, 220012, Минск.