

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.
ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по аграрному техническому образованию
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальности
7-06-1021-01 «Охрана труда и эргономика»*

Минск
БГАТУ
2025

УДК 614.8(07)
ББК 65.246я7
М65

Авторы:

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры управления охраной труда *Л. В. Мисун*,
кандидат технических наук, доцент кафедры
управления охраной труда *Ал-й Л. Мисун*,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
технологий и организации технического сервиса *Ал-р Л. Мисун*

Рецензенты:

кафедра безопасности жизнедеятельности
УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»
(кандидат технических наук, заведующий кафедрой *М. В. Цайц*);
кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры
безопасности жизнедеятельности УО «Белорусский государственный
технологический университет» *М. В. Балакир*

Мисун, Л. В.

М65 Техносферная безопасность. Практикум : учебно-методическое
пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск :
БГАТУ, 2025. – 140 с.
ISBN 978-985-25-0281-8.

Практикум содержит учебно-методические материалы для проведения
практических занятий по дисциплине «Техносферная безопасность».

Для магистрантов, обучающихся по специальности «Охрана труда и эргономика»,
преподавателей учреждений высшего образования и дополнительного образования
взрослых.

УДК 614.8(07)
ББК 65.246я7

ISBN 978-985-25-0281-8

© БГАТУ, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Практическая работа № 1	
ОЦЕНКА ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ	
ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА К БЕЗОПАСНОМУ	
ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	
В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ ПАРАМЕТРА	
СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ	6
Практическая работа № 2	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПАСНОСТИ ИСТОЧНИКА	
ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ	
СРЕДЫ	31
Практическая работа № 3	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ ОПАСНОСТИ	
ПРЕДПРИЯТИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАССЫ	
И ВИДОВОГО СОСТАВА ВЫБРАСЫВАЕМЫХ	
В АТМОСФЕРУ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ	49
Практическая работа № 4	
ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ АТМОСФЕРООХРАННОЙ	
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ.	58
Практическая работа № 5	
РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИИ ПО ОБРАЩЕНИЮ	
С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА.	
ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО УЧЕТУ ОТХОДОВ	
НА ПРЕДПРИЯТИИ	67
Практическая работа № 6	
ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ	
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ОТБОР: АЛГОРИТМ	
ПРОВЕДЕНИЯ	81
Практическая работа № 7	
ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ	
СРЕДСТВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ	
ПОВЫШЕНИЯ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ	91

Практическая работа № 8	
ЗАЩИТНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ	
СНИЖЕНИЯ ТРАВМИРОВАНИЯ РАБОТНИКА	
КАРДАННЫМ ВАЛОМ	108
Практическая работа № 9	
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ	
ГРЯЗЕСБОРНИКА И ОТСЛОЙНИКА ПОСТА	
НАРУЖНОЙ МОЙКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ	
ТЕХНИКИ	121

ВВЕДЕНИЕ

Практикум разработан в соответствии с учебной программой учебной дисциплины «Техносферная безопасность». Цель практикума: формирование и развитие у обучающихся системы знаний, умений и практических навыков, определяющих условия жизнедеятельности в техносфере, позволяющих проводить анализ и оценку опасности функционирования стационарных объектов и мобильных технических средств, умение применять методы прогнозирования уровня опасности производственного риска, проводить инвентаризацию источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, расчет объемов их выбросов, нормирование образования, использования и хранения отходов производства, оценивать профессиональную успешность и безопасность операторов технических средств. Важно также научиться разрабатывать организационно-технические мероприятия для улучшения природоохранной деятельности на предприятии, повышения техносферной безопасности сельскохозяйственного производства, предотвращения опасных техногенных факторов с учетом понимания тенденций развития современного общества и политики государства.

Практическая работа № 1

ОЦЕНКА ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА К БЕЗОПАСНОМУ ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ ПАРАМЕТРА СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

Цель работы: получить практические навыки расчета приспособленности мобильной сельскохозяйственной техники для выполнения технологических процессов в условиях изменения параметра состояния производственной среды.

Задание и порядок выполнения работы: изучить методику оценки приспособленности технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур к безопасному выполнению технологического процесса в условиях изменения параметра состояния производственной среды; ответить на контрольные вопросы; выполнить вариант расчета.

Общие положения

При выполнении механизированных работ в условиях изменяющегося параметра состояния производственной среды оператору технического средства приходится многократно (десятки раз за смену) выполнять регулировки технического средства, что в дальнейшем сказывается на утомляемости и приводит к повышению риска травмирования оператора.

Методика оценки приспособленности технического средства к безопасному выполнению технологического процесса в условиях изменения параметра состояния производственной среды. Для оценки приспособленности технического средства к выполнению регулировочных работ на начальном этапе предусматривается отбор кандидатов в эксперты и их тестирование. Выбор тестов для оценки профессионально значимых качеств, необходимых оператору технического средства для определения ее приспособленности к технологическим регулировкам, устранению отказов технического средства предполагает непосредственное изучение таких его

качеств, как технический интеллект, ответственность и эмоциональную устойчивость. При подборе тестов (табл. 1.1) необходимо учитывать и ряд требований, главными из которых являются валидность теста, его надежность и дифференцированность.

Таблица 1.1

Тесты для оценки профессионально значимых качеств оператора
технического средства

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	Стабилен в поведении, в эмоциях, реалистичен	Высокая напряженность труда	Тест «Кеттела»

Для выбора экспертов из числа операторов технических средств, оценивающих приспособленность техники к технологическим регуляторам, устранению ее отказов, 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:

$$X_{ij}^{и(н,э)} = \frac{B_{ij}^{и(н,э)}}{B_{maxij}^{и(н,э)}}, \quad (1.1)$$

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 быть кандидаты, показавшие профессиональную компетентность.

При проведении экспертной оценки удобства, доступности и безопасности выполнения технологических регулировок узлов технического средства и устранения его отказов 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 требуется прерывание технологического процесса.

Для сравнения удобства, доступности и безопасности выполнения технологических регулировок и устранения отказов технического средства 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 оценка крайне низкая.

Для оценки удобства регулировки учитывается положение тела и рук оператора технического средства в ходе ее выполнения

(табл. 1.2). Так, регулировка, при выполнении которой оператор технического средства сидит, держа руки перед собой на уровне груди (рис. 1.1), оценивается в пять баллов. Этот вариант встречается при регулировании режимов работы рабочего органа средств механизации из кабины технического средства. При работе оператора технического средства с объектом регулирования, сидящим 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 1.2

Исходные данные для оценки удобства выполнения технологических регулировок, устранения отказов технического средства

№ п/п	Положение оператора технического средства	Положение рук	Оценка	
			относит. ед.	баллах
1	2	3	4	5
1	Стоя или сидя	Перед собой на уровне груди	1,0	5
		Над головой	0,8	4
2	Стоя или сидя с поворотом или наклоном туловища до 90°	Перед собой на уровне груди	0,8	4
3	В приседе	Перед собой на уровне груди	0,6	3
		Сбоку с изгибом (в локтевом суставе, кисти), работа левой рукой	0,4	2
4	Стоя, в приседе или сидя с поворотом и наклоном туловища до 90°	Перед собой на уровне груди	0,4	2
5	Сидя, стоя подтягиваясь	Над головой или сбоку	0,2	1
6	Работа с использованием дополнительных опор, подставок и др.	Перед собой на уровне груди, сбоку или над головой	0,2	1

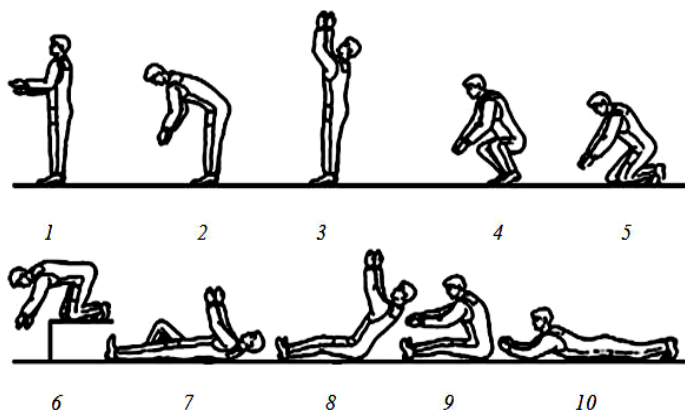


Рис. 1.1. Положение тела оператора технического средства при проведении оценки технического обслуживания технического средства
1–3 – удобные позы, достигаемые без применения дополнительных сооружений;
4, 5, 7 – среднеудобные позы; 6, 8–10 – неудобные позы

Чтобы определить степень доступности проведения технологических регулировок для поддержания работоспособности технического средства, учитывается наличие пространства для их выполнения (табл. 1.3). Если оператору не требуется покидать кабину технического средства, регулировка оценивается в пять баллов. В случае, если для ее выполнения оператору технического средства 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 1.3

Исходные данные для оценки доступности выполнения технологических регулировок, устранения отказов технического средства

№ п/п	Действия оператора технического средства	Оценка	
		относит. ед.	баллах
1	Не сходя с рабочего места без устранения каких-либо препятствий	1,0	5
2	Покидая рабочее место без устранения каких-либо препятствий	0,8	4

№ п/п	Действия оператора технического средства	Оценка	
		относит. ед.	баллах
3	Покидая рабочее место или не сходя с него с откидыванием щитка, капота, крышки и т. д.	0,8	4
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	0,8	4
		0,6	3
5	Работа с объектом регулирования, находящимся вблизи цепных и ременных передач	0,6	3
6	Работа с объектом регулирования при ограничении доступа к нему другими рабочими органами (детальями)	0,4	2
7	Частичная и полная разборка узлов, рабочих органов, мешающих выполнению регулировок	0,2	1

Оценка безопасности выполняемых оператором работ по поддержанию работоспособности техники (машинно-тракторного агрегата (МТА) проводится, исходя из местоположения оператора технического средства, мер и действий необходимых для обеспечения этого требования (табл. 1.4). Так, регулировке, производящейся из кабины технического средства, когда не требуется его остановка и выключение рабочего органа технического средства, то есть исключена вероятность нахождения оператора технического средства в потенциально опасных зонах, выставляется пять баллов.

Безопасность регулировки, выполняемой вне кабины технического средства и требующей остановки технического средства, дополнительных лестниц и подставок, выключения рабочего органа, когда оператор технического средства 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 1.4

Исходные данные для оценки безопасности выполнения технологических регулировок, устранения отказов технического средства

Местонахождение оператора технического средства	Действия оператора технического средства	Оценка	
		относит. един.	баллах
В кабине	Не требуется остановка МТА и выключение рабочих органов (не требуется находиться в потенциально опасных зонах)	1,0	5
В кабине или вне ее	Требуется остановка МТА, но не требуется выключение рабочих органов (не требуется находиться в потенциально опасных зонах)	0,8	4
Вне кабины	Требуется остановка МТА и выключение рабочих органов технического средства:		
	– не требуется находиться в потенциально-опасных зонах	0,6	3
	– требуется находиться в зоне рабочих органов и узлов МТА, имеющих шерховатость и заусенцы	0,6	3
	– требуется частично находиться в зоне режущих или колющих деталей и узлов рабочих органов МТА	0,4	2
	– требуется полностью находиться в зоне режущих или колющих деталей и узлов рабочих органов МТА	0,4	2
	– требуется находиться частично в зоне потенциально движущихся и вращающихся узлов рабочих органов МТА	0,4	2
	– требуется находиться полностью в зоне потенциально движущихся и вращающихся узлов рабочих органов МТА)	0,2	1

Данный подход балльной оценки позволяет получить количественную оценку приспособленности технических средств 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 соответственно удобства, доступности и безопасности их выполнения:

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum X_i}{n} \right)^2, \quad (1.2)$$

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

n – количество оцененных регулировок;

– рассчитывается среднее значение внутригрупповых дисперсий:

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{\sum \sigma_{ip}^2}{m}, \quad (1.3)$$

где m – количество экспертов;

– определяется общая (σ_{ip}^2) и межгрупповая (σ^2) дисперсии:

$$\sigma_{\text{общ.}}^2 = \frac{\sum X_i^2}{mn} - \left(\frac{\sum X_i}{mn} \right)^2; \quad (1.4)$$

$$\sigma^2 = \sigma_{\text{общ.}}^2 - \bar{\sigma}^2; \quad (1.5)$$

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

$$\eta^2 = \frac{\sigma^2}{\sigma_{\text{общ.}}^2} \cdot 100, \quad (1.6)$$

$$\eta = \sqrt{\frac{\eta^2}{100}}; \quad (1.7)$$

– определяются внутригрупповые дисперсии, зависящие от вида регулировок (σ_{ip}^2):

$$\sigma_{ip}^2 = \frac{\sum X_{ip}^2}{m} - \left(\frac{\sum X_{ip}}{m} \right)^2, \quad (1.8)$$

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

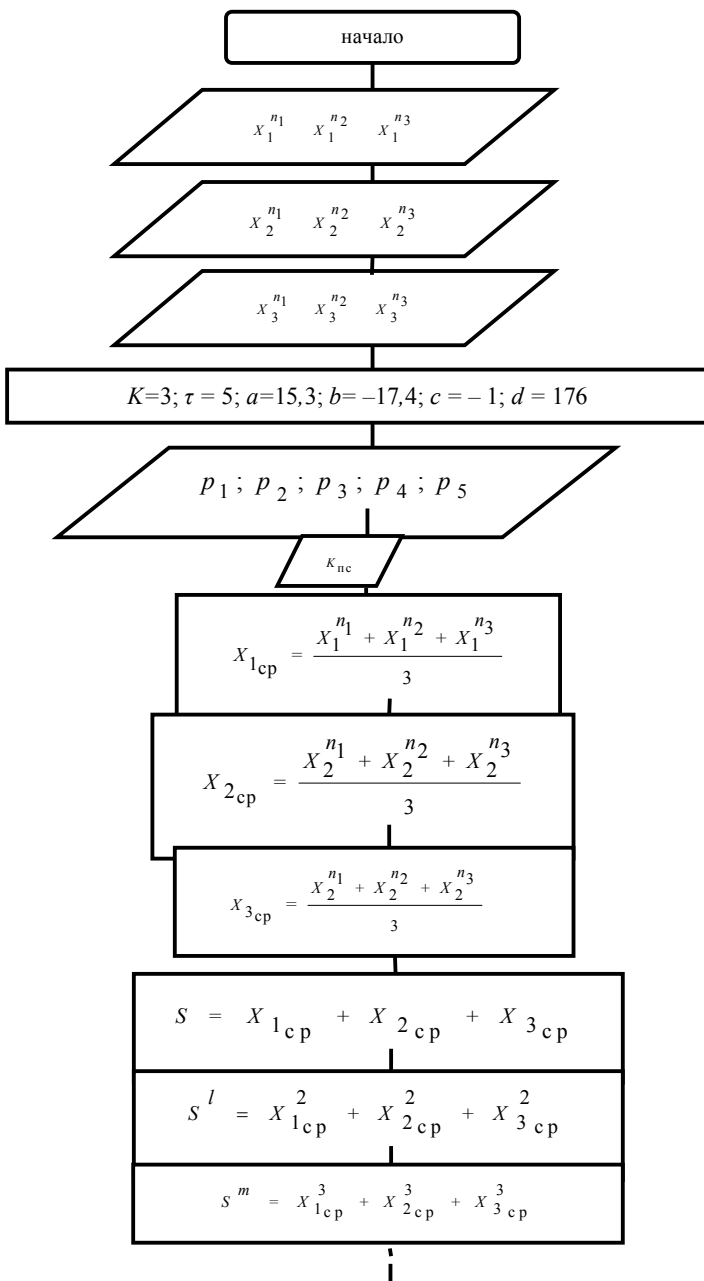
– рассчитывается среднее значение внутригрупповых дисперсий, зависящих от вида регулировок ($\bar{\sigma}_p^2$):

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{\sum \sigma_{ip}^2}{n}. \quad (1.9)$$

Алгоритм расчета показателя приспособленности технического средства к безопасному выполнению сельскохозяйственных работ приведен на рис. 1.2.

Для расчета показателя $K_{Пт.с.}$ используется компьютерная программа «Тестирование функционального состояния технического средства с учетом оценки его приспособленности к технологическим регулировкам и безопасности их выполнения» (рис. 1.3), которая создана в Excel на основе офисного приложения, входящего в стандартный пакет Microsoft Office, поддерживающего возможность внедрения исполняемого кода – скриптов. При их помощи выполняется автоматизация обработки данных. По установленным параметрам задаются выставленные экспертами оценки, далее выполняется их автоматизация – получение результата.

Системные требования – компьютер под управлением Windows (XP, Vista, 7, 8, 10). Приложение Microsoft Excel (версии 2003, 2007, 2010, 2013 или 2016).



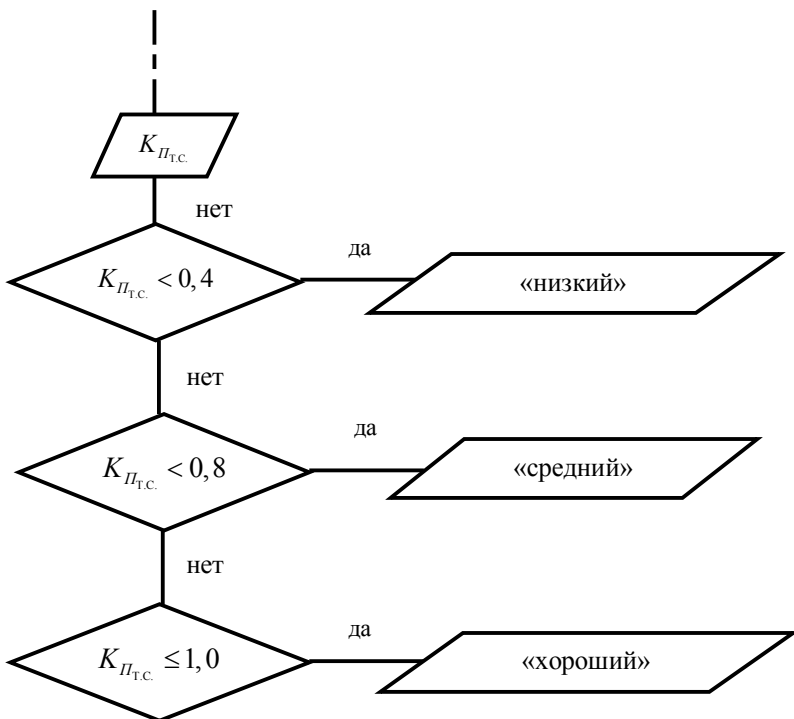


Рис. 1.2. Алгоритм расчета показателя приспособленности ($K_{П.с.}$) технического средства к безопасному выполнению технологических регулировок с учетом изменяющегося параметра состояния производственной среды

Пример расчета

Регистрация

Фамилия:

Васильев

Имя:

Иван

Отчество:

Владимирович

Доп. сведения:

Главный инженер. Тестирование функциональн. состояния агрегата почвообрабатывающего АПМ 6-А с учетом оценки его приспособленности к регулировкам и безопасности их пров.

☒ Запомнить на этом компьютере

Продолжить

Начать тест

Доп. сведения:

Коэффициенты и параметры

☒ Запомнить на этом компьютере

Продолжить

Рис. 1.3. Тестирование функционального состояния технического средства с учетом оценки его приспособленности к технологическим регулировкам и безопасности их выполнения

Расчет производственного риска.xls * x			
	A	B	C
1	Коэффициенты и параметры:		
2			
3	Наименование коэффициента или параметра	Обозначение	Значение
4	количество определяемых показателей приспособленности технического средства к регулировкам	K	3
5	удобство	a	15,3
6	доступность	b	-17,4
7	безопасность	c	-1
8	параметр устойчивости проведения регулировки	d	176
9	вероятность 1-й регулировки ТС	p 1	10,00%
10	вероятность 2-й регулировки ТС	p 2	20,00%
11	вероятность 3-й регулировки ТС	p 3	30,00%
12	вероятность 4-й регулировки ТС	p 4	50,00%
13	вероятность 5-й регулировки ТС	p 5	40,00%
14	Коэффициент, учитывающий количество изменений параметра производственной среды за смену (1,00 ...1,25)	K п c	1,10

Доп. сведения:

Баллы, выставленные экспертами за выполнение регулировки ширины междурядий дисков первого и второго ряда

☒ Запомнить на этом компьютере

Продолжить

Продолжение рис. 1.3. Тестирование функционального состояния технического средства с учетом оценки его приспособленности к технологическим регулировкам и безопасности их выполнения

Расчет производственного риска.xls * X				
	A	B	C	D
1	Регулировка технического средства 1:			
2				
3	Наименование параметра оценки	Оценка эксперта 1	Оценка эксперта 2	Оценка эксперта 3
4	удобство	4	5	5
5	доступность	4	5	5
6	безопасность	4	5	4
				Среднее арифметическое значение показателя
				4,67
				4,67
				4,33

Расчет производственного риска.xls * X			
	A	B	C
10	Наименование расчётного параметра	Обозначение параметра	Значение параметра
11	S	Сумма средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	13,67
12	SL	Сумма квадратов средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	62,33
13	Sm	Сумма кубов средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	284,63
14	K П per 1	Показатель приспособленности технического средства 1 к регулировке	0,82
15	K Б per 1	Показатель безопасности выполнения 1-й регулировки технического средства	0,89
	P R z 1	Показатель риска травмирования оператора МСХТ при выполнении	0,01

Продолжение рис. 1.3. Тестирование функционального состояния технического средства с учетом оценки его приспособленности к технологическим регулировкам и безопасности их выполнения

Доп. сведения:

Баллы, выставленные экспертами за выполнение регулировки глубины хода дисковых рабочих органов в пределах

☒ Запомнить на этом компьютере

Продолжить

Расчет производственного риска.xls * x					
	A	B	C	D	E
1	Регулировка технического средства 2:				
2					
3	Наименование параметра оценки	Оценка эксперта 1	Оценка эксперта 2	Оценка эксперта 3	Среднее арифметическое значение показателя
4	удобство	4	4	4	4,00
5	доступность	5	4	5	4,67
6	безопасность	5	4	5	4,67

Расчет производственного риска.xls * X			
	A	B	C
	Наименование расчётного параметра	Обозначение параметра	Значение параметра
10			
	S	Сумма средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	13,33
11			
	SL	Сумма квадратов средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	59,56
12			
	Sm	Сумма кубов средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	267,26
13			
	К П per 2	Показатель приспособленности технического средства 2 к регулировке	0,78
14			
	К Б per 2	Показатель безопасности выполнения 2-й регулировки технического средства	0,87
15			
	P R z 2	Показатель риска травмирования оператора МСХТ при выполнении	0,02

Продолжение рис. 1.3. Тестирование функционального состояния технического средства с учетом оценки его приспособленности к технологическим регулировкам и безопасности их выполнения

Доп. сведения:

Баллы, выставленные экспертами за выполнение регулировки равномерности распределения веса агрегата в поперечном направлении

☒ Запомнить на этом компьютере

Продолжить

Расчет производственного риска.xls * X					
	A	B	C	D	E
1	Регулировка технического средства 3:				
2					
3	Наименование параметра оценки	Оценка эксперта 1	Оценка эксперта 2	Оценка эксперта 3	Среднее арифметическое значение показателя
4	удобство	5	4	5	4,67
5	доступность	4	4	5	4,33
6	безопасность	4	5	5	4,67

Расчет производственного риска.xls * X			
	A	B	C
	Наименование расчётного параметра	Обозначение параметра	Значение параметра
10			
	S	Сумма средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	13,67
11			
	SL	Сумма квадратов средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	62,33
12			
	Sm	Сумма кубов средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	284,63
13			
	К П per 3	Показатель приспособленности технического средства 3 к регулировке	0,82
14			
	К Б per 3	Показатель безопасности выполнения 3-й регулировки технического средства	0,89
15			
	P R z 3	Показатель риска травмирования оператора МСХТ при выполнении	0,03

Продолжение рис. 1.3. Тестирование функционального состояния технического средства с учетом оценки его приспособленности к технологическим регулировкам и безопасности их выполнения

Доп. сведения:

Баллы, выставленные экспертами за выполнение регулировки глубины хода рыхлительных лап

☒ Запомнить на этом компьютере

Продолжить

	A	B	C	D	E
1	Регулировка технического средства 4:				
2					
3	Наименование параметра оценки	Оценка эксперта 1	Оценка эксперта 2	Оценка эксперта 3	Среднее арифметическое значение показателя
4	удобство	5	4	4	4,33
5	доступность	4	4	4	4,00
6	безопасность	5	4	5	4,67

	A	B	C
10	Наименование расчётного параметра	Обозначение параметра	Значение параметра
11	S	Сумма средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	13,00
12	SL	Сумма квадратов средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	56,56
13	Sm	Сумма кубов средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	247,00
14	К П рег 4	Показатель приспособленности технического средства 4 к регулировке	0,74
15	К Б рег 4	Показатель безопасности выполнения 4-ой регулировки технического средства	0,84
	P R z 4	Показатель риска травмирования оператора МСХТ при выполнении	0,07

Продолжение рис. 1.3. Тестирование функционального состояния технического средства с учетом оценки его приспособленности к технологическим регулировкам и безопасности их выполнения

Доп. сведения:

Баллы, выставленные экспертами за выполнение регулировки подшипников колес

☒ Запомнить на этом компьютере

Продолжить

Расчет производственного риска.xls *

	A	B	C	D	E
1	Регулировка технического средства 5:				
2					
3	Наименование параметра оценки	Оценка эксперта 1	Оценка эксперта 2	Оценка эксперта 3	Среднее арифметическое значение показателя
4	удобство	5	5	5	5,00
5	доступность	5	5	5	5,00
6	безопасность	4	4	4	4,00
7					

Расчет производственного риска.xls *

	A	B	C
10	Наименование расчётного параметра	Обозначение параметра	Значение параметра
11	S	Сумма средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	14,00
12	SL	Сумма квадратов средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	66,00
13	Sm	Сумма кубов средних значений баллов за удобство, доступность и безопасность	314,00
14	К П per 5	Показатель приспособленности технического средства 5 к регулировке	0,86
15	К Б per 5	Показатель безопасности выполнения 5-ой регулировки технического средства	0,92
	P R z 5	Показатель риска травмирования оператора МСХТ при выполнении	0,03

Продолжение рис. 1.3. Тестирование функционального состояния технического средства с учетом оценки его приспособленности к технологическим регулировкам и безопасности их выполнения

Тест завершен

Расчет производственного риска.xls			
	А	В	С
1	Наименование показателя	Обозначение	Значение
2	Коэффициент учитывающий изменение состояния производственной среды	К _{пт.с.}	1,08
3	Обобщенный показатель приспособленности технического средства к выполнению регулировок	К _{п.с.}	0,8818
4			
5			
6			
7			
8	ИТОГО:	Уровень приспособленности АПМ 6-А к безопасн. выполнению технологич. процесса	хороший

Окончание рис. 1.3. Тестирование функционального состояния технического средства с учетом оценки его приспособленности к технологическим регулировкам и безопасности их выполнения

Практическая часть работы

1. Оценить профессионально значимые качества (Y_3) у предполагаемых экспертов:

$$Y_3 = -1,77 + 2,86X_1^n + 1,61X_2^n + 2,28X_3^3, \quad (1.10)$$

где X_1^n – уровень общетехнических способностей:

- а) «высокий» ($X_1^n \geq 0,55$);
- б) «средний» ($X_1^n = 0,47...0,54$);
- в) «низкий» ($X_1^n \leq 0,46$);

X_2^n – уровень ответственности работника:

- а) «высокий» ($X_2^n = 1,0$);
- б) «средний» ($X_2^n = 0,6...0,9$);
- в) «низкий» ($X_2^n < 0,6$);

X_3^n – уровень эмоциональной устойчивости:

- а) «высокий» ($X_3^n = 1,0$);
- б) «средний» ($X_3^n = 0,7...0,9$);
- в) «низкий» ($X_3^n < 0,7$).

Условие:

- 1.1. $Y_3 \geq 4$ (четырем) баллам;
- 1.2. Из всех экспертов выбираются три, имеющие с учетом выполнения условия 1.1, наивысший балл.

2. Определить показатель приспособленности технического средства к регулировке

Исходные данные для расчета:

- число экспертов (n_1, n_2, n_3) для оценки безопасности выполнения технологических регулировок (в дальнейшем регулировок) технического средства ($n=n_1, n_2, n_3$);
- количество регулировок (i) технического средства ($i=1...5$);
- количество определяемых показателей приспособленности технического средства к регулировкам (k) принимается равным 3 («удобство», «доступность», «безопасность»);
- параметр устойчивости проведения регулировок (d) устанавливается в процессе проведения исследований;

– коэффициенты для определения показателей «удобство» (a), «доступность» (b) и «безопасность» (c) выполнения регулировок получены аналитическим путем и принимаются равными соответственно 15,3; (-17,4); (-1);

– балльная шкала для оценки приспособленности выполнения регулировки технического средства устанавливается от 1...5 баллов.

3. Оценивается показатель «удобство» (X_1) выполнения регулировки технического средства и рассчитывается среднее арифметическое значение этого показателя:

$$X_{1cp} = \frac{X_1^{n1} + X_1^{n2} + X_1^{n3}}{3}, \quad (1.11)$$

где X_1^{n1} , X_1^{n2} , X_1^{n3} – баллы, выставленные первым (n_1), вторым (n_2) и третьим (n_3) экспертами за «удобство» выполнения регулировки.

4. Оценивается показатель «доступность» (X_2) выполнения регулировки технического средства и рассчитывается среднее арифметическое значение показателя:

$$X_{2cp} = \frac{X_2^{n1} + X_2^{n2} + X_2^{n3}}{3}, \quad (1.12)$$

где X_2^{n1} , X_2^{n2} , X_2^{n3} – соответственно баллы выставленные первым, вторым и третьим экспертами за «доступность» выполнения регулировки.

5. Оценивается показатель «безопасность» (X_3) выполнения регулировки технического средства и находится среднее арифметическое значение этого показателя:

$$X_{3cp} = \frac{X_3^{n1} + X_3^{n2} + X_3^{n3}}{3}, \quad (1.13)$$

где $X_3^{n_1}, X_3^{n_2}, X_3^{n_3}$ – баллы, выставленные экспертами за «безопасность» выполнения регулировки.

6. Рассчитывается сумма средних значений баллов (S), выставленных экспертами за «удобство», «доступность» и «безопасность» выполнения регулировки:

$$S = X_{1cp} + X_{2cp} + X_{3cp}. \quad (1.14)$$

7. Рассчитывается сумма квадратов средних значений баллов (S^l), выставленных экспертами за «удобство», «доступность» и «безопасность» выполнения регулировки:

$$S^l = X_{1cp}^2 + X_{2cp}^2 + X_{3cp}^2. \quad (1.15)$$

8. Рассчитывается сумма кубов средних значений баллов (S^l), выставленных экспертами за «удобство», «доступность» и «безопасность» выполнения регулировки:

$$S^m = X_{1cp}^3 + X_{2cp}^3 + X_{3cp}^3. \quad (1.16)$$

9. Определяется значение показателя приспособленности технического средства к регулировке ($K_{п.рег.i}$):

$$K_{п.рег.i} = \frac{a \cdot (X_{1cp}^2 + X_{2cp}^2 + X_{3cp}^2) + b \cdot (X_{1cp} + X_{2cp} + X_{3cp}) + c \cdot (X_{1cp}^3 + X_{2cp}^3 + X_{3cp}^3)}{d \cdot K}. \quad (1.17)$$

10. Аналогичным образом, согласно п.п. 3–9, определяется показатель приспособленности технического средства для всех (i) исследуемых регулировок.

11. Рассчитывается обобщенный показатель приспособленности ($K_{п.с.}$) технического средства к безопасному выполнению регулировок с учетом изменения состояния производственной среды:

$$K_{п.с.} = \sqrt[n]{K_{п.г.1} \cdot K_{п.г.2} \cdot K_{п.г.3} \cdot \dots \cdot K_{п.г.Z} \cdot K_{п.с.}}, \quad (1.18)$$

где $K_{п.г.1}, \dots, K_{п.г.Z}$ – приспособленность технического средства для выполнения z -той регулировки;

$K_{п.с.}$ – коэффициент, учитывающий изменение состояния производственной среды.

12. Определяется, согласно установленным критериям, уровень приспособленности технического средства к безопасному выполнению технологического процесса:

- а) $K_{п.с.} \geq 0,8$ – хороший;
- б) $0,4 \leq K_{п.с.} < 0,8$ – средний;
- в) $K_{п.с.} < 0,4$ – низкий.

Варианты выполнения расчета показателя $K_{п.с.}$ приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Варианты расчета приспособленности технического средства к безопасному выполнению технологического процесса

Номер варианта задания	n	X_1^n	X_1^{H1}	X_3^3	i	k	X_1^n	X_1^{n2}	X_1^{n3}	X_2^{n1}	X_2^{n2}	X_2^{n3}	X_3^{n1}	X_3^{n2}	X_3^{n3}	$K_{п.с.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	3	0,4	0,7	0,8	3	3	5	5	4	3	3	3	4	3	4	1,10
		0,7	0,6	0,7												
		0,6	0,6	0,9												
2	3	0,3	0,6	0,7	3	3	4	5	5	3	4	3	2	3	2	1,15
		0,3	0,7	0,7												
		0,4	0,6	0,7												
3	3	0,6	0,3	0,7	5	3	4	4	5	4	4	3	2	2	3	1,12
		0,5	0,7	0,8												
		0,5	0,6	0,7												
4	3	0,8	0,3	0,6	2	3	4	4	4	5	4	4	3	2	3	1,20
		0,7	0,3	0,6												
		0,3	0,5	0,4												

Продолжение таблицы 1.5

Номер варианта задания	n	X_1^n	X_1^H	$X_3^Э$	i	k	X_1^n	$X_1^{n\ 2}$	$X_1^{n\ 3}$	$X_2^{n\ 1}$	$X_2^{n\ 2}$	$X_2^{n\ 3}$	$X_3^{n\ 1}$	$X_3^{n\ 2}$	$X_3^{n\ 3}$	$K_{П.С.}$
5	3	0,7 0,6 0,6	0,3 0,3 0,4	0,5 0,4 0,6	5	3	4	3	3	5	4	5	4	3	4	1,14
6	3	0,5 0,7 0,4	0,4 0,5 0,5	0,7 0,8 0,5	1	3	4	4	3	5	5	5	3	3	3	1,16
7	3	0,6 0,7 0,6	0,4 0,4 0,4	0,7 0,7 0,6	4	3	5	4	5	3	4	3	4	4	3	1,11
8	3	0,5 0,8 0,4	0,7 0,6 0,7	0,8 0,7 0,9	3	3	2	3	2	3	3	4	5	4	4	1,13
9	3	0,6 0,6 0,6	0,4 0,7 0,6	0,6 0,8 0,9	5	3	3	4	3	5	4	4	5	5	4	1,17
10	3	0,8 0,4 0,7	0,9 0,7 0,6	0,9 0,9 0,9	2	3	4	4	5	3	4	3	4	4	4	1,10
11	3	0,3 0,4 0,8	0,5 0,4 0,5	0,6 0,4 0,7	1	3	5	4	5	4	4	4	3	4	3	1,19
12	3	0,6 0,7 0,6	0,9 0,8 0,9	0,9 0,9 0,7	5	3	5	5	5	3	3	4	3	3	3	1,08
13	3	0,3 0,5 0,7	0,6 0,6 0,9	0,6 0,6 0,7	5	3	3	3	4	5	5	5	4	4	5	1,10
14	3	0,6 0,4 0,4	0,9 0,7 0,7	0,8 0,8 0,8	2	3	5	4	4	5	5	4	5	4	5	1,04
15	3	0,3 0,3 0,4	0,4 0,4 0,3	0,6 0,6 0,5	3	3	4	3	4	5	4	5	4	4	3	1,22
16	3	0,4 0,5 0,3	0,4 0,6 0,4	0,5 0,8 0,7	3	3	4	4	4	3	3	4	5	5	4	1,25

Номер варианта задания	n	X_1^n	X_1^H	$X_3^Э$	i	k	X_1^n	$X_1^{n\ 2}$	$X_1^{n\ 3}$	$X_2^{n\ 1}$	$X_2^{n\ 2}$	$X_2^{n\ 3}$	$X_3^{n\ 1}$	$X_3^{n\ 2}$	$X_3^{n\ 3}$	$K_{П.С.}$
17	3	0,3 0,7 0,6	0,4 0,7 0,7	0,7 0,9 0,9	4	3	5	5	5	5	4	5	4	3	3	1,12
18	3	0,4 0,4 0,4	0,7 0,9 0,7	0,9 0,9 0,8	3	3	5	5	4	3	4	3	4	5	4	1,20
19	3	0,4 0,3 0,3	0,5 0,7 0,6	0,7 0,9 0,8	4	3	4	5	4	3	3	3	5	5	5	1,12
20	3	0,6 0,6 0,3	0,9 0,9 0,9	0,9 0,8 0,9	2	3	4	5	5	4	3	4	3	4	4	1,02

Контрольные вопросы

1. Перечислите тесты для оценки профессионально значимых качеств оператора технического средства.
2. Поясните, в чем сущность знакового статистического метода анализа статистических данных?
3. На какие виды делятся регулировки технического средства?
4. Как проводится оценка безопасности выполняемых оператором работ по поддержанию работоспособности техники?
5. Как проводится обработка результатов экспертной оценки приспособленности технического средства к безопасному выполнению технологического процесса?
6. Какая компьютерная программа используется для оценки приспособленности технического средства к технологическим регулировкам и безопасности их выполнения?
7. Напишите выражение для определения показателя приспособленности технического средства к регулировке.
8. Как определяется обобщенный показатель приспособленности технического средства к безопасному выполнению регулировок?
9. Поясните физический смысл коэффициента $K_{П.С.}$.
10. Перечислите уровни и критерии оценки приспособленности технического средства к безопасному выполнению технологического процесса.

Список использованной литературы

1. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность : пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2023. – 212 с.
2. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники : монография / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2012. – 192 с.
3. Мисун, Л. В. Профессиональная успешность и безопасность операторов мобильной сельскохозяйственной техники: психофизиологический отбор и прогнозирование / Л. В. Мисун, А. Н. Гурина. – Минск : БГАТУ, 2013. – 184 с.
4. Мисун, Ал-й Л. Научно-методические основы повышения техносферной безопасности на объектах АПК : монография / Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2025. – 388 с.
5. Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы оценки приспособленности к техническому обслуживанию: ГОСТ 26026–83. – М. : Изд-во стандартов, 2015. – 10 с. (дата актуализации текста 01.01.2021).

Практическая работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПАСНОСТИ ИСТОЧНИКА ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Цель работы: получить практические навыки расчета оценки опасности источника выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) для окружающей среды и расчета суммы иска за сверхнормативное загрязнение атмосферного воздуха стационарными источниками предприятия.

Задание и порядок выполнения работы: изучить научно-методические основы оценки загрязнения атмосферы газовойдушным выбросом; ответить на контрольные вопросы; выполнить вариант расчета.

Общие положения

В техногенном аспекте важно определить источники распространения выбросов загрязняющих атмосферу веществ, выявить их долю в общем круговороте ЗВ, оценить качественные и количественные изменения, происходящие в природных объектах, провести экспертную оценку воздействия различных технологий на окружающую среду и выбрать из них оптимальные. 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 том числе канцерогенные, вызывающие онкологические заболевания).

В настоящее время общая мощность источников антропогенного загрязнения во многих случаях превосходит мощность естественных. Так, природные источники окиси азота выбрасывают около 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 десять раз больше, чем в процессе природных загрязнений. При этом границы техногенной системы определяются зоной влияния агропредприятий на окружающую среду. Для обеспечения защиты в условиях техносферы

реально лишь ограничить воздействие негативных факторов допустимыми уровнями с учетом их одновременного действия. При этом соблюдение предельно допустимых уровней воздействия – один из основных путей обеспечения безопасности жизнедеятельности человека в условиях техносферы.

Для определения *показателя загрязнения воздуха* (P_i), учитывающего комбинированное действие ЗВ, используется следующее выражение:

$$P_i = \sqrt{\sum a_i^2}, \quad (2.1)$$

где a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень воздействия i -го вещества с воздействием вещества третьего класса опасности ($a_i = 1,7; 1,3; 1,0$ и $0,9$ соответственно для 1; 2; 3 и 4-го классов опасности веществ и $a_i = 1,2$ – для веществ с неустановленным классом опасности).

Расчет *индекса загрязнения атмосферы* (ИЗА) по одной примеси ведется по формуле

$$\text{ИЗА}_i = (q_{\text{ср}i} / \text{ПДК}_{\text{cci}}) \cdot a_i, \quad (2.2)$$

где $q_{\text{ср}i}$ – среднегодовая концентрации i -й примеси;
 ПДК_{cci} – *среднесуточная* ПДК для i -й примеси, мг/м³.

Комплексный ИЗА, учитывающий m примесей, присутствующих в атмосфере, рассчитывается по формуле

$$\text{ИЗА}_m = \sum_{i=1}^m (q_{\text{ср}i} / \text{ПДК}_{\text{cci}}) \cdot a_i. \quad (2.3)$$

Выбор веществ для расчета ИЗА_m производится с помощью предварительного сопоставления убывающего вариационного ряда значений ИЗА_i , рассчитанных для 5–6 приоритетных примесей. Уровень загрязнения атмосферы считается высоким, если ИЗА_m превышает 9; повышенным, если концентрации примесей в отдельных случаях превышают ПДК_{cc} и $\text{ПДК}_{\text{мр}}$; низким, если среднегодовые концентрации

примесей находятся в пределах или ниже ПДК_{сс}, а максимально разовые только в отдельных случаях превышают допустимые нормы.

Норматив допустимого выброса (НДВ) устанавливается для каждого стационарного источника и каждого выбрасываемого в атмосферу вещества при условии функционирования технологического и газоочистного оборудования с полной нагрузкой. При расчете НДВ учитываются фоновые концентрации ЗВ в атмосферном воздухе и эффект суммации вредного действия нескольких веществ. Если в воздухе населенных мест концентрация ЗВ уже превышает ПДК, а значения НДВ по объективным причинам не могут быть достигнуты, вводится поэтапное снижение выброса ЗВ. В этом случае фактический выброс, превышающий НДВ, называется нормативом временно допустимых выбросов (ВДВ) или временно согласованным выбросом (ВСВ).

За сверхустановленные выбросы предприятиями-природопользователями ЗВ в атмосферный воздух взимается налог в 15-кратном размере.

Рассеивание вредных примесей в атмосфере от холодных и нагретых источников происходит по-разному. Мерой нагретости газовой смеси служит разность температур (ΔT) выброса при выходе из устья источника и окружающего воздуха:

$$\Delta T = T_c - T_v, \quad (2.4)$$

где T_c – температура газовой смеси, град;

T_v – температура окружающего воздуха, град.

Скорость перемещения температурного фронта (V_t) определяется по следующим формулам:

$$V_t = 0,65 \cdot W_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T}{H}} \quad \text{при } \Delta T \leq T_v; \quad (2.5)$$

$$V_t = 1,3 \cdot V_y \cdot \frac{D}{H} \quad \text{при } \Delta T > T_v, \quad (2.6)$$

где W_1 – объем газовой смеси выброса, м³/с;

ΔT – мера нагретости газовой смеси, град.;

H – высота источника выброса, м;
 D – диаметр устья источника выброса, м;
 V_y – скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с.

$$V_y = \frac{4 \cdot W_1}{3,14 \cdot D^2}. \quad (2.7)$$

Ускорение перемещения фронта охлаждения смеси (м/с², град.) учитывается параметром f :

$$f = \frac{V_y^2 \cdot D \cdot 10^3}{H^2 \cdot \Delta T}. \quad (2.8)$$

Выбросы, для которых $f \geq 100$, относятся к холодным, при $f < 100$ – к нагретым.

Величина опасной скорости ветра ($V_{оп}$), замеряемая на высоте 10 м от уровня земли, – это та, при которой имеет место наибольшее значение приземной концентрации ЗВ в атмосферном воздухе. Величина максимальной приземной концентрации ЗВ (C_{max}) одиночного источника с круглым устьем для выброса нагретой газовой смеси при неблагоприятных метеорологических условиях определяется по формуле

$$C_{max_H} = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{W_1 \Delta T}}, \quad (2.9)$$

где A – коэффициент, характеризующий неблагоприятные климатические условия;

M – количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу в единицу времени;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий интенсивность оседания ЗВ в атмосферном воздухе;

m ; n – коэффициенты, характеризующие условия выхода ГВС из устья источников выброса;

η – эффективность газоочистного оборудования.

Величина максимальной приземной концентрации ЗВ ($C_{\max}$) для выброса холодной газозвоздушной смеси из круглого устья одиночного источника при неблагоприятных метеоусловиях определяется по формуле

$$C_{\max_x} = \frac{AMFm\eta}{H\sqrt[3]{H}} \cdot \frac{D}{8\sqrt{W_1}}. \quad (2.10)$$

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

$$R = 20 \cdot H \left(1 + \frac{\Delta T}{75}\right), \quad (2.11)$$

где R – радиус зоны активного загрязнения атмосферы, м.

Для выбросов нагретой газозвоздушной смеси из одиночного источника с круглым устьем или группы близко расположенных одинаковых источников, в случаях, когда фоновая концентрация (C_{ϕ}) рассматриваемой примеси установлена не зависящей от направления и скорости ветра и постоянной по всей территории промышленной площадки, принимаем $C_{\phi} = C_{\max}$.

Тогда расчет НДВ (г/с) для источника нагретых выбросов:

$$\text{НДВ}_{\text{р.н}} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi})H^2\sqrt[3]{W_1}\Delta T}{AFm\eta}. \quad (2.12)$$

Величина НДВ для холодной газозвоздушной смеси определяется по следующей формуле:

$$\text{НДВ}_{\text{р.х}} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi})H\sqrt[3]{H}8W_1}{AFm\eta}. \quad (2.13)$$

Предприятие считается не оказывающим вредного воздействия на атмосферный воздух, если ни один его источник выбросов не попадает

в категорию опасных. Источник выбросов не опасен для окружающей среды, если выполняется следующее условие:

$$\frac{M_{\max}}{\text{ПДК}_{\text{м.р}}} \leq \Phi, \quad (2.14)$$

где $M_{\max}$ – максимально допустимая величина выброса ЗВ 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 ЗВ, 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 ЗВ в атмосферный воздух опасен для окружающей среды, имеет место превышение значения $M_{\max}$, 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 выбросов ЗВ в атмосферный воздух.

Пример расчета оценки опасности источника выбросов. Определить максимально допустимое значение $M_{\max}$ выброса ЗВ в атмосферу, если высота источника выброса 14 м, а значение $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ 0,4 мг/м³.

Для расчета воспользуемся выражением (2.14):

$$\frac{M_{\max}}{\text{ПДК}_{\text{м.р}}} \leq \Phi.$$

В нашем случае $\frac{M_{\max}}{\text{ПДК}_{\text{м.р}}} = 0,01 \cdot H = 0,14$ (м³/с), так как высота источника выбросов ЗВ равна 14 м. Тогда $M_{\max} = 0,14 \cdot \text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,14 \cdot 0,4 \approx 0,06$ (мг/с).

Проводится анализ на соответствие источника выбросов требованиям природоохранного законодательства. В случае несоответствия разрабатываются необходимые организационно-технические мероприятия.

Документы, подтверждающие нарушения природоохранного законодательства, не позднее, чем в месячный срок со дня даты расчета суммы, подлежащей взысканию, направляются природопользователю, нарушившему законодательство. При отказе от добровольной уплаты в течение одного месяца либо неполучения ответа на претензию от природопользователя, контролирующий орган Минприроды подает исковое заявления в Хозяйственный суд.

Размер сумм, подлежащих взысканию по искам, рассчитывается для каждого источника или группы источников по каждому ЗВ, исходя из суммы экологического налога за месячный выброс соответствующего ингредиента в пределах лимита (разрешения) по следующей формуле:

$$C_{ij} = 15 \cdot H_i^M \cdot d_{ij} \cdot (K_{ij}^n - 1,5) \cdot K_9 \cdot K_y, \quad (2.15)$$

где C_{ij} – сумма, взыскиваемая с предприятия за превышение установленных нормативов выбросов i -го ЗВ j -го источника или группы источников, руб.;

15 – кратность взимания налога за сверхнормативные выбросы, предусмотренная соответствующими документами Республики Беларусь;

H_i^M – расчетная сумма месячного экологического налога на выброс i -го ингредиента в пределах лимита в целом по предприятию, руб.

$$H_i^M = \frac{H_i}{12}, \quad (2.16)$$

где H_i – плановая сумма годового экологического налога за выброс i -го ингредиента в пределах лимита в целом по предприятию, руб.

$$\text{или} \quad H_i^M = P_i \cdot M_i^M, \quad (2.17)$$

где Π_i – норматив платы за выброс в пределах лимита одной тонны i -го ингредиента, тыс. руб/т;

M_i^M – разрешение на выброс i -го ЗВ в месяц по предприятию в целом, тонн;

$$M_i^M = \frac{M}{12}, \quad (2.18)$$

где M_i – разрешение на выброс i -го загрязняющего вещества в год по предприятию в целом, тонн;

d_{ij} – доля i -го ингредиента j -го источника в НДВ этого вещества в целом по предприятию

$$H_i^M = \frac{m_{ij}^H}{M_i^H}, \quad (2.19)$$

где m_{ij}^H – значение НДВ i -го вещества j -го источника;

m_i^H – значение НДВ i -го вещества по предприятию в целом.

Если выявлено несколько источников (j -я группа) с нарушением установленных нормативов по одному и тому же ингредиенту, то расчет производится по формуле

$$d_{ij} = \sum_{i=1}^n m_{ij}^H / m_i^H, \quad (2.20)$$

где Π – количество выявленных в группе j -х источников;

K_{ij}^n – степень превышения норм НДВ (ВСВ) i -го вещества j -го источника;

$$K_{ij}^n = m_{ij}^{\phi} / m_{ij}^H, \quad (2.21)$$

где m_{ij}^{ϕ} – соответственно фактическая и нормативная интенсивность выбросов i -го вещества j -го источника.

При выявлении группы источников, допустивших превышение норм НДВ (ВСВ) по одному и тому же ингредиенту, формула (2.21) имеет вид:

$$K_{ij}^n = \sum_{j=1}^n m_{ij}^{\phi} / \Pi_{j=1}^n m_{ij}^n, \quad (2.22)$$

где K_3 – коэффициент значимости территории, зависящий от количества жителей (табл. 2.1);

K – коэффициент, учитывающий изменение цен в текущем периоде по сравнению с базовым, когда были утверждены ставки налога на загрязнение атмосферного воздуха (приравнивается к индексу роста минимальной зарплаты за этот период)

$$K_{ц} = 3^{\phi} / 3^{\phi}, \quad (2.23)$$

где $3^{\phi, \phi}$ – утвержденная минимальная зарплата в республике соответственно в период проведения контрольных замеров и в базовый период (в период установления ставок налога).

При выявлении незаявленных источников или неучтенных ингредиентов проверяемых источниках загрязнения, или не имеющих разрешения на выброс по вине предприятия, весь объем выбросов ЗВ считается сверхнормативным.

Таблица 2.1

Значение коэффициента экологической значимости территории размещения предприятия (K_3)

Численность жителей населенного пункта, тыс. чел.	Значение K_3
до 25	1
26–50	1,5
51–100	2

Численность жителей населенного пункта, тыс. чел.	Значение K_3
101–200	3
201–300	3,5
301–500	4
501–750	5,2
751–1000	6
свыше 1000	6,6

Сумма платежей для незаявленных или не имеющих разрешения на выброс источников, или незаявленных ингредиентов в проверяемых источниках, рассчитывается по формуле

$$C_i = 15 \cdot P_i \cdot M_j^M \cdot K_3 \cdot K_{\text{ц}}, \quad (2.24)$$

где P_i – норматив платы за выброс 1 тонны i -го ЗВ (руб.);

M_j^M – расчетная среднемесячная масса выбросов ЗВ, т.

При повторном выявлении в течение календарного года со дня проверки источников с превышением норм выбросов ЗВ, предусмотренных действующими в Республике Беларусь стандартами, в формуле (2.15) вводится повышающий коэффициент 2.

Пример расчета суммы иска за сверхнормативное загрязнение атмосферного воздуха стационарными источниками. На предприятии имеются три стационарных источника выбросов ЗВ, по которым установлены нормы НДВ в целом по предприятию:

CO (окись углерода) – 0,899 г/с;

SO_2 (сернистый ангидрид) – 1,7793 г/с;

NO_2 (диоксид азота) – 43,5789 г/с.

Значения НДВ и фактическая интенсивность выбросов по каждому источнику приведены в табл. 2.2.

Определяем средний коэффициент превышения фактической интенсивности выбросов над нормативной в выявленных источниках по каждому ингредиенту:

$$K_{co} = \frac{1,5508 + 0,5897}{0,2068 + 0,1438} = \frac{2,1405}{0,3506} = 6,105;$$

$$K_{SO_z} = \frac{1,4234 + 2,1778}{0,5694 + 1,2099} = \frac{3,6012}{1,7793} = 2,024;$$

$$K_{NO_z} = \frac{58,11 + 98,3755}{19,1155 + 13,3634} = \frac{156,4855}{42,4789} = 3,684.$$

Таблица 2.2

Интенсивность выбросов по каждому источнику

Номер источника, наименование ЗВ	1		2		3	
	НДВ (ВСВ), г/с	фактич. интенсивность выбросов, г/с	НДВ (ВСВ), г/с	фактич. интенсивность выбросов, г/с	НДВ (ВСВ), г/с	фактич. интенсивность выбросов, г/с
CO	0,5484	0,5484	0,2068	1,5508	0,1438	0,897
SO _z	0,5694	1,4234	1,2099	2,1778	—	—
NO _z	19,1155	58,11	—	—	23,3634	98,3755

Рассчитываем удельный вес (долю) ингредиента выявленных источников в общем по предприятию НДВ по этому веществу:

$$d_{CO} = \frac{0,2068 + 0,1438}{0,5484 + 0,2068 + 0,1438} = \frac{0,3506}{0,899} = 0,390;$$

$$d_{SO_z} = \frac{0,5694 + 1,2099}{0,5694 + 1,2099} = 1;$$

$$d_{NO_z} = \frac{19,1155 + 23,3634}{43,5789} = \frac{42,4789}{43,5789} = 0,975.$$

Базовая минимальная зарплата в Республике Беларусь на момент установления нормативов платы (на 1 января 2024 г.) – 500 рублей.

Минимальная зарплата на момент проверки (2 сентября 2024 г.) – 626 рублей.

Определяем коэффициент $K_{ц}$:

$$K_{ц} = \frac{626}{500} = 1,252. \quad (2.23)$$

Расчетная среднемесячная сумма экологического налога за выбросы соответствующего ингредиента (ставка налога согласно нормативным документам на 02.09.2024 г.) в пределах лимита составила (исходя из плановой суммы на год):

за выбросы CO 4 класс опасности – 218 руб.

за выбросы SO_2 3 класс опасности – 439 руб.

за выбросы NO_2 2 класс опасности – 1327 руб.

Предприятие находится в населенном пункте с численностью жителей 46 тыс. человек, согласно табл. 2.1 $K_3 = 1,5$.

Рассчитываем сумму платежей по претензии (иску):

– за сверхнормативные выбросы CO :

$$C = 15 \cdot 218 \cdot 0,39 \cdot (6,105 - 1,5) \cdot 1,5 \cdot 1,314 = 11.575,2 \text{ (руб.)};$$

– за сверхнормативные выбросы SO_2 :

$$C = 15 \cdot 439 \cdot 1 \cdot (2,024 - 1,5) \cdot 1,5 \cdot 1,314 = 6.801,0 \text{ (руб.)};$$

– за сверхнормативные выбросы NO_2 :

$$C = 15 \cdot 1327 \cdot 0,975 \cdot (3,684 - 1,5) \cdot 1,5 \cdot 1,314 = 83.542,2 \text{ (руб.)}.$$

Общая сумма, подлежащая взысканию с предприятия по претензии (иску) за сверхнормативное загрязнение атмосферного воздуха стационарными источниками составит:

$$C_{\text{общ.}} = 11.575,2 + 6.801,0 + 83.542,2 = 101.918,4 \text{ (руб.)}.$$

Практическая часть работы

1. Выполнить, согласно варианту задания (табл. 2.3), расчет оценки опасности для окружающей среды источника выбросов ЗВ:

1-й вариант. Определить максимально допустимое значение выброса ЗВ в атмосферу, если высота источника выброса 10 м,

а среднесуточное значение предельно допустимой концентрации выбрасываемого в атмосферу ВВ $0,2 \text{ мг/м}^3$.

2-й вариант. Определить степень опасности для окружающей среды предприятия-природопользователя, имеющего три источника выбросов в атмосферу ЗВ одностороннего действия, если высота источников соответственно 9, 10 и 12 метров, среднесуточное значение предельно-допустимой концентрации вредного вещества $11,4 \text{ мг/м}^3$, а максимальное значение выброса $4,5 \text{ г/ч}$.

3-й вариант. Определить для трех источников максимально допустимое значение выброса в атмосферу ЗВ одностороннего действия, если высота первого источника в 1,5 раза больше, чем второго, и в 2 раза меньше, чем третьего. Суммарная высота источников выбросов – 44 м, а значение ПДК среднесуточной – $1,1 \text{ мг/м}^3$.

4-й вариант. Определить температурный характер выбросов загрязняющих веществ, если температура окружающего воздуха 10°C , температура газовой смеси 30°C , объем ее выхода из устья источника за одну секунду $0,6 \text{ м}^3$, а диаметр устья источника выброса в 20 раз меньше, чем его высота, и равен 50 см.

5-й вариант. Высота источника «холодных» выбросов ($f=100$) составляет 8 м, что в 10 раз больше диаметра устья источника, а температура газовой смеси в 1,5 раза выше, чем температура окружающего воздуха, и равна 30°C . Определить скорость выхода газовой смеси из устья источника выбросов.

6-й вариант. Определить скорость перемещения температурного фронта газовой смеси (ГВС), если температура ГВС в 1,5 раза выше, чем температура окружающей среды, диаметр устья источника выброса, равный 50 см, в 20 раз меньше высоты источника, а объем ГВС составляет $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

7-й вариант. Высота источника выброса ЗВ в атмосферу 11 м, среднесуточное значение предельно допустимой концентрации выбрасываемого вещества $0,15 \text{ мг/м}^3$. Определить допустимое значение выброса ЗВ в атмосферу.

8-й вариант. Определить радиус зоны активного загрязнения атмосферы (R) выбросом газовой смеси при круговой розе ветров, если высота первого источника выбросов 15 м, второго 100 м. Диаметр трубы у обоих источников – 1 м, расстояние между источниками выбросов (l) 400 м. Температура окружающей среды 10°C , температура газовой смеси на выходе из устья источников выбросов 40°C .

9-й вариант. Определить максимально допустимое значение выброса ЗВ в атмосферу, если среднесуточное значение предельно допустимой концентрации выбрасываемого в атмосферу ВВ $0,2 \text{ мг/м}^3$, а высота источника выброса 12 м.

10-й вариант. Определить степень опасности для окружающей среды предприятия-природопользователя, имеющего три источника выбросов в атмосферу вредного вещества однонаправленного действия, если среднесуточное значение предельно допустимой концентрации ЗВ $12,4 \text{ мг/м}^3$, максимальное значение выброса $3,5 \text{ г/ч}$, высота источников выбросов соответственно 8, 12 и 14 метров.

11-й вариант. Определить для трех источников максимально допустимое значение выброса в атмосферу ЗВ однонаправленного действия, если высота первого источника в 2 раза больше, чем второго, и в 1,5 раза меньше, чем третьего. Суммарная высота источников выбросов – 42 м, а значение ПДК среднесуточной – $1,1 \text{ мг/м}^3$.

12-й вариант. Определить температурный характер выбросов ЗВ, если температура окружающего воздуха 20°C , температура газовоздушной смеси 35°C , объем ее выхода из устья источника за одну секунду $0,5 \text{ м}^3$, а диаметр устья источника выброса в 20 раз меньше, чем его высота и равен 50 см.

13-й вариант. Высота источника «холодных» выбросов ($f=100$) составляет 9 м, что в 10 раз больше диаметра устья источника, а температура газовоздушной смеси в 1,5 раза выше, чем температура окружающего воздуха и равна 35°C . Определить скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника выбросов.

14-й вариант. Определить температурный характер выбросов ЗВ, если объем ее выхода из устья источника за одну секунду $0,6 \text{ м}^3$, а диаметр устья источника выброса в 16 раз меньше, чем его высота и равен 50 см, температура окружающего воздуха 12°C , температура газовоздушной смеси 30°C .

15-й вариант. Определить скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника выбросов, если высота источника «холодных» выбросов ($f = 100$) составляет 15 м, что в 30 раз больше диаметра устья источника, а температура газовоздушной смеси в 1,5 раза выше, чем температура окружающего воздуха и равна 32°C .

16-й вариант. Определить скорость перемещения температурного фронта газовоздушной смеси (ГВС), если мера нагретости ГВС в 2 раза выше, чем температура окружающей среды, диаметр устья

источника выброса, равный 60 см, в 20 раз меньше высоты источника, а объем ГВС составляет $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

17-й вариант. Определить допустимое значение выброса ЗВ в атмосферу, если высота источника выброса ЗВ в атмосферу 12 м, среднесуточное значение предельно-допустимой концентрации выбрасываемого вещества $0,18 \text{ мг}/\text{м}^3$.

18-й вариант. Определить радиус зоны активного загрязнения атмосферы (R) выбросом газовойоздушной смеси, при круговой розе ветров, если высота первого источника выбросов 25 м, второго 100 м. Диаметр трубы у обоих источников – 1 м, а расстояние между источниками выбросов (l) 200 м. Температура окружающей среды 10°C , температура газовойоздушной смеси на выходе из устья источников выбросов 30°C .

19-й вариант. Определить температурный характер выбросов ЗВ, если температура окружающего воздуха 20°C , температура газовойоздушной смеси 40°C , объем ее выхода из устья источника за одну секунду $0,9 \text{ м}^3$, а диаметр устья источника выброса в 40 раз меньше, чем его высота и равен 50 см.

20-й вариант. Высота источника «холодных» выбросов ($f=100$) составляет 20 м, что в 40 раз больше диаметра устья источника, а температура газовойоздушной смеси в 3 раза выше, чем температура окружающего воздуха, и равна 45°C . Определить скорость выхода газовойоздушной смеси из устья источника выбросов.

21-й вариант. Определить скорость перемещения температурного фронта газовойоздушной смеси (ГВС), если мера нагретости ГВС в 4 раза выше, чем температура окружающей среды (10°C), диаметр устья источника выброса, равный 50 см, в 30 раз меньше высоты источника, а объем ГВС составляет $0,6 \text{ м}^3/\text{с}$.

22-й вариант. Высота источника выброса ЗВ в атмосферу 20 м, среднесуточное значение предельно допустимой концентрации выбрасываемого вещества $0,2 \text{ мг}/\text{м}^3$. Определить допустимое значение выброса ЗВ в атмосферу.

23-й вариант. Определить максимально допустимое значение выброса ЗВ в атмосферу, если высота источника выброса 18 м, а среднесуточное значение предельно допустимой концентрации выбрасываемого в атмосферу ВВ $0,6 \text{ мг}/\text{м}^3$.

24-й вариант. Определить степень опасности для окружающей среды предприятия-природопользователя, имеющего 4 источника

выбросов в атмосферу ЗВ одностороннего действия, если высота источников соответственно 8, 10, 14 и 20 метров, среднесуточное значение предельно допустимой концентрации вредного вещества $10,8 \text{ мг/м}^3$, а максимально разовое значение выброса $3,5 \text{ г/ч}$.

25-й вариант. Определить для трех источников максимально допустимое значение выброса в атмосферу ЗВ одностороннего действия, если высота первого источника в 1,8 раза больше, чем второго, и в 2,5 раза меньше, чем третьего. Суммарная высота источников выбросов – 60 м, а значение ПДК среднесуточной – $1,5 \text{ мг/м}^3$.

Таблица 2.3

Варианты выполнения расчета оценки опасности источника выбросов предприятия для окружающей среды

Варианты	Контрольные вопросы
1-й вариант	№ 2
2-й вариант	№ 3
3-й вариант	№ 5
4-й вариант	№ 8
5-й вариант	№ 9
6-й вариант	№ 10
7-й вариант	№ 15
8-й вариант	№ 16
9-й вариант	№ 2
10-й вариант	№ 3
11-й вариант	№ 5
12-й вариант	№ 8
13-й вариант	№ 9
14-й вариант	№ 8
15-й вариант	№ 9
16-й вариант	№ 10

Варианты	Контрольные вопросы
17-й вариант	№ 15
18-й вариант	№ 16
19-й вариант	№ 8
20-й вариант	№ 9
21-й вариант	№ 10
22-й вариант	№ 15
23-й вариант	№ 2
24-й вариант	№ 3
25-й вариант	№ 5

Контрольные вопросы

1. Как определяется показатель загрязнения воздуха?
2. Как рассчитывается индекс загрязнения атмосферы?
3. Физический смысл показателя «мера нагретости газовой смеси (ГВС)»?
4. Как рассчитывается скорость перемещения температурного фронта ГВС?
5. Как определяется величина максимальной приземной концентрации ЗВ для выброса холодной ГВС?
6. Как рассчитывается зона активного загрязнения атмосферы газовой смесью выбросом при круговой розе ветров?
7. Как рассчитывается норматив допустимого выброса для источника нагретых выбросов?
8. В каких случаях источник выбросов ЗВ не опасен для окружающей среды?
9. Когда предусматривается поэтапное снижение выброса ЗВ?
10. Какие организационно-технические мероприятия необходимо разрабатывать на предприятии для уменьшения объема выбросов ЗВ в атмосферу?

Список использованной литературы

1. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность : пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2023. – 212 с.
2. Мисун, Ал-й Л. Научно-методические основы повышения техносферной безопасности на объектах АПК : монография / Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2025. – 388 с.
3. Мисун, Л. В. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций : учеб. пособие / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, Т. В. Севастюк. – Минск : БГАТУ, 2016. – 224 с.

Практическая работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ ОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАССЫ И ВИДОВОГО СОСТАВА ВЫБРАСЫВАЕМЫХ В АТМОСФЕРУ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Цель работы: научиться определять категорию опасности предприятия, используя данные о выбросах загрязняющих веществ.

Задание и порядок выполнения работы: изучить методику деления предприятий на категории опасности в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ (ЗВ); ответить на контрольные вопросы; выполнить вариант расчета.

Общие положения

Предприятие может относиться к одной из **четырех категорий** опасности, из которых **первая категория наиболее опасная, а четвертая категория наименее опасная.**

К первой категории опасности относятся предприятия, имеющие значительный выброс различных ЗВ в атмосферу или выбросы веществ первого класса опасности. В крупных промышленных городах предприятий 1-й категории – 5–10, в малых городах – 1–2. Несмотря на свою малочисленность, суммарный выброс ЗВ предприятиями 1-й категории **составляют более 50 %** общих городских выбросов. Предприятия 1-й категории создают вокруг себя значительные зоны загрязнения несколькими ЗВ.

Ко второй категории опасности относятся предприятия, у которых суммарный выброс ЗВ в атмосферу **составляет 30 %–36 %** общих городских выбросов.

Третья категория является одной из самых **многочисленных**, однако на долю этих предприятий приходится всего лишь **10 %–15 %** общих городских выбросов.

Четвертая категория опасности объединяет **самые мелкие предприятия** с небольшими выбросами ЗВ. В целом на эти предприятия приходится от **1 % до 5 %** общих городских выбросов.

Расчет категории опасности предприятия в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых ЗВ (К) осуществляется в следующей последовательности:

– определяется объем отходящей газовой смеси (W_i) из источников выброса (трубы):

$$W_i = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} \cdot \omega_{0i}, \quad (3.1)$$

где D_i – диаметр i -го источника выброса, м;

ω_{0i} – скорость выхода газов из устья трубы, м/с;

– рассчитывается масса максимально-разового (г/с) выброса i -го ЗВ:

$$M'_i = \frac{C_i \cdot W_i}{1000}, \quad (3.2)$$

где C_i – концентрация i -го ЗВ, мг/м³.

– рассчитывается масса выброса ЗВ в год (валовый выброс):

$$M_i = \frac{M'_i \cdot N \cdot n \cdot s \cdot 3600}{10^6}, \quad (3.3)$$

где M'_i – масса выброса в секунду i -го загрязняющего вещества, г/с;

N – количество рабочих дней в году, $N = 250$;

n – количество часов работы в сутки, $n = 8$;

s – количество смен;

– определяется коэффициент опасности (K_o) по формуле

$$K = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i}, \quad (3.4)$$

где M_i – масса выброса i -го ЗВ, т/год;

ПДК_{*i*} – предельно допустимая концентрация *i*-го ЗВ, мг/м³;
a_i – безразмерная величина, позволяющая соотнести степень вредности *i*-го вещества с вредностью сернистого газа; зависит от класса опасности ЗВ и определяется по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Значение *a_i* для веществ различных классов опасности

Константа	Класс опасности ЗВ			
	1	2	3	4
<i>a_i</i>	1,7	1,3	1,0	0,9

По величине показателя *K* предприятия делят на четыре категории опасности. Граничные условия в зависимости от показателя *K* приведены в табл. 3.2. В зависимости от того, в какие пределы попадает значение показателя *K*, относим предприятие к одной из четырех категорий опасности. После установления категории опасности предприятия по табл. 3.3 определяем, как должен проводиться контроль за атмосфероохранной деятельностью предприятия.

Таблица 3.2

Категории предприятия в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу ЗВ

Категория опасности предприятия	Значение <i>K</i>
Первая (1)	$K > 10^6$
Вторая (2)	$10^4 < K \leq 10^6$
Третья (3)	$10^3 < K \leq 10^4$
Четвертая (4)	$K \leq 10^3$

Таблица 3.3

Периодичность отчетности и контроля промышленных предприятий за атмосфероохранной деятельностью

Вид работы	Категория опасности предприятия			
	1	2	3	4
1. Инвентаризация источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу 1 раз в 5 лет	+	+	+	+
2. Пересмотр норм НДВ 1 раз в 5 лет	+	+	+	+

Вид работы	Категория опасности предприятия			
	1	2	3	4
3 Статистическая отчетность по форме 2-ТП (воздух) (ежегодно)	+	+	+	-
4 Разработка ведомственных норм НДВ:				
а) по полной схеме;	+	+	+	-
б) по сокращенной схеме	-	-	-	+
5 Периодичность планового контроля предприятия:				
а) 2 раза в год;	+	-	-	-
б) 1 раз в год;	-	+	-	-
в) 1 раз в 3 года;	-	-	+	-
г) 1 раз в 5 лет	-	-	-	+

Пример расчета. Определить показатель K для предприятия, если известно что:

а) из одной трубы диаметром $D = 0,3$ м выбрасывается пыль с концентрацией $C = 2,3$ мг/м³ и фенол с концентрацией $C = 5$ мг/м³. Предприятие работает в одну смену. Скорость выхода газовойдушной смеси из трубы $\omega_0 = 0,05$ м/с;

б) из второй трубы $D = 0,6$ м выбрасывается бензол с концентрацией $C = 37,5$ мг/м³ и ацетон с концентрацией $C = 50$ мг/м³. Скорость выхода смеси из трубы $\omega_0 = 0,12$ м/с.

1. Определим по формуле (3.1) объем отходящей газовойдушной смеси из первой и второй труб:

$$W_1 = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} \cdot 0,05 = 0,0035 \text{ (м}^3/\text{с)},$$

$$W_2 = \frac{3,14 \cdot 0,6^2}{4} \cdot 0,12 = 0,0339 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

2. Определяем по формуле 3.2 массу максимального разового выброса ЗВ:

$$M'_{\text{пыль}} = \frac{2,3 \cdot 0,0035}{1000} = 0,000009 \text{ (г/с)},$$

$$M'_{\text{фенол}} = \frac{5 \cdot 0,0035}{1000} = 0,0000175 \text{ (г/с)},$$

$$M'_{\text{фенол}} = \frac{5 \cdot 0,0035}{1000} = 0,0000175 \text{ (г/с)},$$

$$M'_{\text{бензол}} = \frac{37,5 \cdot 0,0339}{1000} = 0,001271 \text{ (г/с)},$$

$$M'_{\text{ацетон}} = \frac{50 \cdot 0,0339}{1000} = 0,001695 \text{ (г/с)}.$$

3. Определяем по формуле массу валового выброса ЗВ:

$$M_{\text{пыль}} = \frac{0,000009 \cdot 250 \cdot 8 \cdot 3600}{10^6} = 0,0000576 \text{ (т/год)},$$

$$M_{\text{фенол}} = \frac{0,0000175 \cdot 250 \cdot 8 \cdot 3600}{10^6} = 0,0000126 \text{ (т/год)},$$

$$M_{\text{бензол}} = \frac{0,001271 \cdot 250 \cdot 8 \cdot 3600}{10^6} = 0,009151 \text{ (т/год)},$$

$$M_{\text{ацетон}} = \frac{0,001695 \cdot 250 \cdot 8 \cdot 3600}{10^6} = 0,01230 \text{ (т/год)}.$$

4. Определяем показатель опасности предприятия в зависимости от массы и водового состава ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, (формула 3.4):

$$K = \left(\frac{0,0000576}{5} \right)^{0,9} + \left(\frac{0,0000126}{0,01} \right)^{1,7} + \left(\frac{0,009151}{1,5} \right)^{1,3} + \left(\frac{0,01230}{6} \right)^{0,9} = 0,0064.$$

$K = 0,0064 < 10^3$, следовательно, согласно табл. 3.2, категория опасности предприятия четвертая. Поэтому инвентаризация источников выбросов ЗВ в атмосферу (табл. 3.3) и пересмотр норм НДВ проводится 1 раз в 5 лет, разработка тома НДВ осуществляется по сокращенной схеме, периодичность планового контроля – 1 раз в 5 лет, статистическая отчетность по форме 2-ТП (воздух) ежегодно не выполняется.

Практическая часть работы

1. Выполнить расчет (по варианту, табл. 3.4) категории опасности предприятия в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу ЗВ.
2. Сформулировать согласно полученным результатам расчета вывод о мероприятиях по атмосфероохранной деятельности предприятия.

Таблица 3.4

Исходные данные для расчета показателя K

Номер варианта задания	Характеристика источника выброса (труба)		Характеристика вредного вещества				Кол-во смен
	D , м	ω_0 , м/с	ЗВ	Концентрации, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Класс опасности вещества	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,3	0,4	Оксид углерода	24,5	4	4	3
	0,15	0,5	Марганец	7,8	5	4	3
2	0,1	0,3	Бензол	37,5	1,5	2	2
	0,3	1,1	Ацетон	50	5	4	2

Продолжение таблицы 3.4

Номер варианта задания	Характеристика источника выброса (труба)		Характеристика вредного вещества				Кол-во смен
	D, м	ω_0 , м/с	ЗВ	Концентрации, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Класс опасности вещества	
3	0,3	1,1	Ацетон	50	5	4	1
	0,2	0,6	Бензин	10	5	4	1
4	0,2	0,9	Фенол	5,0	0,01	1	3
	0,3	1,6	Пыль древесная	39	5	4	3
5	0,5	1,2	Пыль	10	6	4	2
	0,4	0,9	Хлор	0,01	0,2	3	2
6	2,0	35	Сернистый ангидрид	120	0,05	3	1
	1,6	40	Пыль	1600	4	4	1
7	1,1	26	Аммиак	95	0,2	3	3
	1,1	25	Фтор	35	0,01	2	3
8	0,6	0,8	Угольная пыль	10	1	4	2
	0,7	1,0	Сернистый ангидрид	0,7	0,06	2	2
9	1,0	10	Фтор	4	0,01	2	1
	1,0	28	Бенз(а)пирен	17	0,003	1	1
10	1,2	34	Фтороводород	30	0,005	1	3
	3	22	Соляная кислота	200	0,006	1	3
11	0,9	4	Фенол	5	0,01	1	2
	0,6	7	Сероводород	8	0,005	2	2
12	1,2	0,9	Бензол	5,0	0,003	1	1
	0,7	1,3	Фтороводород	5	0,005	1	1
13	3,0	18	Хлор	10	0,03	2	3
	2,4	20	Оксид азота	110	0,04	2	3
14	0,7	2,1	Фтор	0,04	0,61	2	2
	0,5	0,6	Углеводороды	1,5	1,5	4	2
15	0,5	1,0	Марганец	5	0,001	2	3
	0,6	1,1	Сварочный аэрозоль	3	0,15	3	3
16	1,9	15	Углерода оксид	230	3	4	1
	2,0	25	Диоксид азота	100	0,04	2	1

Номер варианта задания	Характеристика источника выброса (труба)		Характеристика вредного вещества				Кол-во смен
	D , м	ω_0 , м/с	ЗВ	Концентрации, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Класс опасности вещества	
17	1,0	10	Диоксид серы	20	0,05	3	2
	0,8	8	Пыль неорганическая	500	0,1	3	2
18	0,3	2,6	Пыль древесная	8	0,1	3	3
	0,25	1,8	Взвешенные вещества	10	0,15	3	3
19	0,7	3,5	Пыль абразивная	9	0,04	3	1
	0,85	2,8	Железа оксид	15	0,04	3	1
20	1,2	9	Бензол	375	1,5	2	2
	0,7	13	Ацетон	550	5	4	2
21	0,8	3	Марганец	8	0,001	2	3
	1,3	21	Диоксид азота	100	0,04	2	3
22	1,1	18	Диоксид азота	150	0,05	2	1
	1,1	28	Диоксид серы	80	0,04	3	1
23	0,5	0,6	Углеводороды	1,5	1,5	4	2
	0,15	0,5	Пыль цемента	12,3	0,01	2	2
24	1,5	10	Бензол	10	0,003	1	3
	1,8	15	Фенол	120	0,01	1	3
25	1	0,8	Взвешенные вещества	20	0,15	3	1
	0,9	1	Пыль неорганическая	15	0,1	3	1

Контрольные вопросы

1. Перечислить категории опасности предприятий в зависимости от показателя массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу ЗВ.
2. Как определяется объем газовойоздушной смеси, отходящей из источника выбросов?
3. Как определяется валовый выброс ЗВ?
4. Как определяется максимальный разовый выброс ЗВ?

5. Как рассчитывается показатель K ?
6. Перечислить значения показателя степени вредности вещества в зависимости от класса его опасности.
7. Какие выделяют граничные условия для определения категории опасности предприятия?
8. Предприятия, относящиеся к какой категории, наиболее опасные?
9. Какие мероприятия предусматриваются для контроля предприятием атмосфероохранной деятельности?
10. Какова периодичность планового контроля предприятием атмосфероохранной деятельности?

Список использованной литературы

1. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность : пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2023. – 212 с.
2. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники : монография / Л. В. Мисун, В. А. Агейчик, А. Л. Мисун [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2012. – 192 с.
3. Мисун, Ал-й Л. Научно-методические основы повышения техносферной безопасности на объектах АПК : монография / Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2025. – 388 с.

Практическая работа № 4

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ АТМОСФЕРООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Цель работы: изучить организацию контроля атмосферно-охранной деятельности на предприятии.

Задание и порядок выполнения работы: изучить факторы влияющие на объемы выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) от источников выбросов предприятия; выполнить расчет показателя атмосферноохранной деятельности производственного объекта.

Общие положения

Основными задачами производственного контроля в области охраны окружающей среды, и в частности, атмосферноохранной деятельности, являются:

- контроль выполнения и соблюдения требований законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды;
- контроль за проведением обучения, инструктажа и проверки знаний в области охраны окружающей среды и природопользования;
- контроль за выполнением мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды, предписаний специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды;
- контроль за работой природоохранного оборудования и сооружений;
- контроль за степенью готовности к аварийным ситуациям, наличием и техническим состоянием оборудования по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- контроль за состоянием окружающей среды в зоне воздействия на нее хозяйственной и иной деятельности предприятия-природопользователя (в дальнейшем природопользователя);
- контроль за ведением природопользователем документации по охране окружающей среды;
- контроль за соблюдением природопользователем лимитов допустимых выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух;

– контроль за учетом номенклатуры и количества ЗВ, поступающих в окружающую среду от хозяйственной и иной деятельности природопользователя;

– контроль за обеспечением своевременной разработки (пересмотра) предприятием природопользователем нормативов в области охраны окружающей среды.

Наиболее частыми загрязнителями атмосферного воздуха в городах являются такие химические соединения как диоксиды серы и азота, оксид углерода, тяжелые металлы (свинец, ртуть), взвешенные вещества (пыль, дым и пр.), углеводороды, в том числе канцерогенные. Совокупность некоторых из них под действием солнечного излучения приводит к образованию в воздухе фотооксидантов. Это, в свою очередь, способствует снижению иммунозащитной функции организма, ухудшению показателей физического развития, повышению общей заболеваемости населения, особенно детей и лиц старшего возраста, и увеличению смертности.

Организация контроля за выбросами ЗВ от источников выбросов предприятия включает рассмотрение следующих факторов:

- количественного и качественного состава ЗВ, 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.

С учетом вышеприведенного, показатель атмосфероохранной деятельности предприятия можно оценить следующим образом:

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

где A_1 – число условных баллов, определяемое по критерию K в зависимости показателя атмосфероохранной деятельности (K_o) от количественного и качественного состава ЗВ, 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 ЗВ или групп ЗВ, обладающих эффектом суммации вредного воздействия на качество атмосферного воздуха, по которым источники выбросов предприятия создают приземную концентрацию сверх установленной;

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

Показатель атмосфероохранной деятельности предприятия в зависимости от критерия количественного и качественного состава выбросов ЗВ (K) определяется из выражения

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

где n – число ЗВ, выбрасываемых предприятием в атмосферный воздух;

M_i – масса выброса (валовый выброс) i -го ЗВ, т/год;

S_i – значение ПДК ЗВ в атмосферном воздухе населенных мест, мг/м³;

a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень воздействия i -го вещества с воздействием веществ третьего класса опасности ($a_i=1,7; 1,3; 1,0$ и $0,9$ соответственно для 1; 2; 3 и 4-го классов опасности веществ).

Критерий K не рассчитывается и приравнивается к нулю, если

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

В зависимости от значения критерия *K* предприятия подразделяются на четыре категории и устанавливается периодичность их контроля и отчетности.

Критерий *L* для оценки атмосфероохранной деятельности предприятия рассматривается с точки зрения состояния санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия, являющейся обязательным элементом любого производственного объекта.

Согласно санитарной классификации предприятия делятся на пять классов и 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.

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 (критерий Z), если ни один из его источников выбросов не попадает в категорию опасных.

Количественные характеристики рассмотренных критериев K , L , Z , а также критериев N и P приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

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.

С учетом значений показателей A_1 – A_5 , B_1 и B_2 определяется уровень организации атмосфероохранной деятельности предприятия (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Граничные условия для деления предприятий в зависимости от показателя их атмосфероохранной деятельности

Уровень атмосфероохранной деятельности предприятия (K_0), баллы			
Высокий	Хороший	Удовлетворительный	Неудовлетворительный
до 5 включи- тельно	от 6 до 10	от 11 до 16	свыше 16

Пример расчета. Задание. Определить уровень организации атмосфероохранной деятельности предприятия, если объем выбросов ЗВ за год из источников выбросов предприятия составляет 500 тонн, размер санитарно-защитной зоны предприятия 300 метров, а состояние техногенной его опасности оценивается как «неопасное». На производственном объекте имеется 12 стационарных источников выбросов ЗВ и 32 передвижных. Из 12 стационарных источников выбросов загрязняющих атмосферу – шесть видов ЗВ обладают эффектом суммации, половина из которых создает приземную концентрацию сверхустановленной.

Расчет. Определяем в баллах значение показателей $A_1 \dots A_5$, B_1 и B_2 (см. табл. 4.1): $A_1 = 1$, $A_2 = 2$, $A_3 = 0$, $A_4 = 2$, $A_5 = 2$. Так как половина из шести видов ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, создают приземную концентрацию сверхустановленной, можно записать $B_1 = 3$, $B_2 = 0$. С учетом вышеприведенного уровня организации атмосфероохранной деятельности предприятия (выражение 4.1) составляет

$$K_0 = 2 \cdot 1 + 2 + 0 + 2 + 2 + 3 + 0 = 11 \text{ (баллов)}.$$

Таким образом, организацию атмосфероохранной деятельности предприятия можно оценить как «удовлетворительная» (см. табл. 4.2).

Практическая часть работы

1. Выполнить расчет (по варианту, табл. 4.3) уровня атмосфероохранной деятельности предприятия.

Таблица 4.3

Исходные данные для определения уровня атмосфероохранной
деятельности предприятия

Номер варианта задания	Значение критериев						
	K , т/год	L , м	Z	N , ед.	P , ед.	B_1 , ед.	B_2 , ед.
I	2	3	4	5	6	7	8
1	320	100	неопасное	16	32	—	—
2	600	300	опасное	20	60		
3	440	500	неопасное	18	40	—	—
4	500	500	неопасное	19	46	—	—
5	560	100	неопасное	16	55	—	—
6	280	100	неопасное	9	24	—	1
7	120	300	неопасное	6	18	1	—
8	740	100	опасное	26	71	1	2
9	250	300	неопасное	8	26	—	—
10	400	500	неопасное	9	39	1	—
11	910	100	опасное	32	83	3	2
12	180	300	неопасное	6	20	—	—
13	515	100	неопасное	10	41	1	1
14	245	1000	неопасное	7	29	1	—
15	1050	1000	особо опасное	30	94	4	6
16	990	500	опасное	29	79	2	2
17	550	1000	неопасное	12	33	—	2
18	1300	1000	особо опасное	38	54	6	3
19	2100	100	особо опасное	35	68	8	5
20	225	500	неопасное	5	16	—	—

Номер варианта задания	Значение критериев						
	K , т/год	L , м	Z	N , ед.	P , ед.	B_1 , ед.	B_2 , ед.
21	880	300	опасное	27	65	1	2
22	385	1000	неопасное	6	27	—	—
23	1010	1000	особо опасное	28	77	2	2
24	1000	1000	особо опасное	24	82	2	3
25	670	300	опасное	21	80	1	1

2. Сформулировать вывод и обосновать оценку атмосфероохранной деятельности предприятия.

Контрольные вопросы

1. Основные задачи контроля предприятия в области охраны окружающей среды.

2. Какой нормативный документ регламентирует организацию контроля на предприятии в области охраны окружающей среды?

3. Как устанавливается критерий зависимости показателя атмосфероохранной деятельности предприятия от количественного и качественного состава ЗВ, выбрасываемых в атмосферный воздух стационарными источниками выбросов предприятия?

4. Как определяется опасность источника выбросов ЗВ?

5. Если минимальный размер СЗЗ предприятия 300 метров, к какому классу согласно санитарной классификации относится такой производственный объект?

6. Перечислить показатели атмосфероохранной деятельности предприятий.

7. Что означает эффект суммации вредного воздействия ЗВ на качество атмосферного воздуха?

8. Какой минимальный размер, согласно санитарной классификации, защитной зоны для предприятия четвертого класса?

9. Как рассчитываются значения показателей B_1 и B_2 ?

10. Как учитывается количество передвижных источников предприятия при расчете показателя его атмосфероохранной деятельности?

Список использованной литературы

1. Инструкция об организации производственного контроля в области охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов: Минск : Мин-во прир. ресурс. и охр. окр. среды Респ. Беларусь (Постановление от 11.10.2013 г. № 52) (дата обращения 29.06.2020).

2. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность : пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2023. – 212 с.

3. Мисун, Ал-й Л. Научно-методические основы повышения техносферной безопасности на объектах АПК : монография / Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2025. – 388 с.

Практическая работа № 5

РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИИ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА. ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО УЧЕТУ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Целью работы: получить навыки работы с документацией по учету и обращению с отходами производства.

Задание и порядок выполнения работы: изучить документацию, необходимую для разработки инструкции по обращению с отходами производства, их учету на предприятии; ответить на контрольные вопросы.

Общие положения

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.

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.

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

Все производственные отходы различаются по классам токсичности и степени опасности (табл. 5.1). Класс токсичности определяют на основе ПДК химических веществ, содержащихся в отходах.

Таблица 5.1

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

Индекс токсичности каждого компонента твердых отходов рассчитывают по формуле (5.1), а суммарный индекс токсичности – по формуле (5.2), с помощью которого (табл. 5.1) определяют класс токсичности и соответствующую ему степень опасности отхода:

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

где ПДК_і – предельно допустимая концентрация токсичности вещества, содержащегося в отходе;

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

*C*_в – содержание данного компонента в общей массе отходов;

i – порядковый номер данного компонента.

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

где *n* – выбранное число компонентов, имеющих минимальные значения *K_i*, причем *K*₁ < *K*₂ < *K*₃ и 2*K*₁ < *K*₃.

Документация для разработки инструкции и соблюдения законодательства в области обращения с отходами:

- приказ по предприятию о назначении должностных лиц, ответственных за обращение с отходами производства;
- разрешение на хранение и захоронение отходов производства;
- инструкция по обращению с отходами производства;
- документация по инвентаризации отходов производства (приказы, титульный лист и сам акт инвентаризации);
- нормативы образования отходов производства;
- расчет годового образования отходов производства;
- государственная статистическая отчетность 1-отходы (Мин-природы) «Отчет об обращении с отходами производства»;
- экологический паспорт предприятия;
- книга первичного учета отходов по форме ПОД-9;
- книга общего учета отходов по форме ПОД-10;
- договора с организациями-собственниками объектов захоронения, использования, обезвреживания отходов;
- документация, подтверждающая регистрацию сделок по отчуждению отходов производства;
- свидетельство о регистрации объектов по использованию, обезвреживанию, захоронению отходов в реестре объектов по использованию, обезвреживанию либо захоронению отходов;
- журнал регистрации сопроводительных паспортов перевозки отходов производства;

- оформление сопроводительных паспортов перевозки отходов производства;

- оборудование мест (площадок) или специальных объектов для сбора и хранения отходов;

- результаты проверки фактических объемов хранения отходов производства;

- результаты проверки соответствия фактических объемов хранения отходов производства допустимому количеству накопления отходов производства, установленному в инструкции по обращению с отходами и в книгах учета;

- результаты проверки состояния мест временного хранения отходов и объектов хранения отходов, соответствие их расположения карте-схеме временного хранения отходов, приведенной в инструкции.

Порядок разработки и утверждения инструкции по обращению с отходами производства:

- инструкция по обращению с отходами разрабатывается и утверждается субъектами хозяйствования, определенными законодательными актами и осуществляющими обращение с отходами производства, для них в целом и (или) для каждого их обособленного подразделения (далее – субъекты хозяйствования). Субъекты хозяйствования, в структуру которых входят подразделения, не являющиеся обособленными и расположенные на территории разных областей, г. Минска, вправе разработать отдельные инструкции по обращению с отходами для всех таких подразделений в целом, находящихся в пределах одной области, г. Минска;

- при аренде зданий, сооружений и иных объектов собственники передаваемых в пользование зданий, сооружений и иных объектов либо уполномоченные ими лица вправе разработать инструкцию по обращению с отходами, которая включает порядок обращения с отходами производства, образующимися у арендатора;

- разработанная инструкция по обращению с отходами утверждается руководителем субъекта хозяйствования, который обеспечивает достоверность сведений, указанных в ней, и их соответствие законодательству. Инструкция по обращению с отходами должна быть пронумерована;

- утверждение инструкции по обращению с отходами осуществляется до ее представления на согласование территориальным органам Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (далее – территориальный орган Минприроды);

– инструкция по обращению с отходами включает в себя титульный лист, следующие обязательные разделы: «Общие сведения», «Ответственные за организацию обращения с отходами производства», «Образование отходов производства», «Учет отходов производства», «Сбор и хранение отходов производства», «Использование и обезвреживание отходов производства», «Захоронение отходов производства», «Перевозка отходов производства», а также приложения: «Образующиеся отходы производства», «Расчет-обоснование количества отходов производства для временного хранения», «Карта-схема источников образования отходов производства», «Карта-схема хранения отходов производства», если иное не установлено настоящей Инструкцией;

– в разделе «Общие сведения» инструкции по обращению с отходами указываются:

а) основные сведения о субъекте хозяйствования (наименование, место нахождения, учетный номер плательщика, виды экономической деятельности, связанные с обращением с отходами производства, и т. п.);

б) место осуществления субъектом хозяйствования деятельности, связанной с обращением с отходами производства (указывается адрес);

в) дата государственной регистрации субъекта хозяйствования;

г) сведения о вводе в эксплуатацию зданий, сооружений и иных объектов, принадлежащих и (или) эксплуатируемых субъектом хозяйствования, – для объектов хранения, захоронения, обезвреживания отходов, объектов по использованию отходов и объектов, на которых осуществляется подготовка отходов;

д) сведения о наличии положительных заключений государственной экологической экспертизы (в случаях, предусмотренных законодательством в области государственной экологической экспертизы, стратегической экологической оценки и оценки воздействия на окружающую среду) по документации (если разработка таковой требуется в соответствии с законодательством) на объекты, указанные в абзаце пятом настоящего пункта;

– раздел «Ответственные за организацию обращения с отходами производства» инструкции по обращению с отходами должен содержать:

а) перечень должностных (уполномоченных) лиц, ответственных за организацию обращения с отходами производства, а также учета таких отходов;

б) обязанности должностных (уполномоченных) лиц, осуществляющих организацию обращения с отходами производства, а также учета таких отходов. При наличии двух и более должностных (уполномоченных) лиц, ответственных за организацию обращения с отходами производства, назначается одно должностное лицо по координации обращения с отходами производства;

– раздел «Образование отходов производства» инструкции по обращению с отходами, если иное не установлено настоящей Инструкцией, должен содержать порядок разработки нормативов образования отходов производства;

– раздел «Учет отходов производства» инструкции по обращению с отходами должен содержать:

а) порядок ведения учета отходов производства в местах образования (поступления) отходов производства, за исключением организаций, в структуру которых входит только одно производственное (структурное) подразделение, для учета отходов производства которых ведется книга общего учета отходов производства, а также количество, места ведения книг учета отходов производства, способы определения фактического объема отходов (взвешивание, замер, расчетный метод и иной способ);

б) порядок ведения общего учета образования (поступления) отходов производства в целом от всех источников образования отходов производства у субъекта хозяйствования и поступления отходов производства от других субъектов хозяйствования, дату внесения сведений в книгу общего учета отходов производства;

в) порядок сбора данных для представления государственной статистической отчетности в области обращения с отходами производства;

г) порядок проведения инвентаризации отходов производства;

– раздел «Сбор и хранение отходов производства» инструкции по обращению с отходами должен содержать:

а) описание системы сбора отходов производства, включая разделение отходов производства по видам, в том числе с учетом агрегатного состояния, степени опасности и класса опасности опасных отходов производства, возможности их использования;

б) порядок хранения отходов с учетом требований законодательства, в том числе технических нормативных правовых актов (места временного хранения отходов, объекты хранения отходов, условия хранения отходов);

в) перечень отходов производства, подлежащих хранению на объектах хранения отходов. Сбор и разделение отходов производства по видам должны осуществляться с учетом требований законодательства об обращении с отходами, в том числе обязательных для соблюдения технических нормативных правовых актов. Хранение отходов (площадки и иные места, предназначенные для хранения отходов, мощности этих мест и т. п.) должно осуществляться с учетом проектных решений, предусмотренных в проектной документации (если разработка таковой требуется в соответствии с законодательством), прошедшей государственную экологическую экспертизу (в случаях, предусмотренных законодательством в области государственной экологической экспертизы, стратегической экологической оценки и оценки воздействия на окружающую среду). Для субъектов хозяйствования, осуществляющих эксплуатацию объектов хранения отходов, дополнительно указывается: перечень отходов, поступающих от других субъектов хозяйствования для хранения; краткое описание объектов хранения отходов;

– раздел «Использование и обезвреживание отходов производства» инструкции по обращению с отходами должен содержать:

а) перечень отходов производства, которые направляются на использование, и (или) перечень отходов производства, которые направляются на обезвреживание;

б) порядок передачи отходов производства на использование и (или) обезвреживание;

в) перечень технических нормативных правовых актов, в соответствии с которыми используются отходы производства. Для субъектов хозяйствования, которые осуществляют эксплуатацию объектов по использованию отходов и (или) объектов обезвреживания отходов, дополнительно указывается: перечень объектов, на которых производится использование и (или) обезвреживание отходов; перечень отходов, поступающих от других субъектов хозяйствования для использования и (или) обезвреживания;

г) порядок использования и (или) обезвреживания отходов на таких объектах в соответствии с утвержденным технологическим регламентом;

– раздел «Захоронение отходов производства» инструкции по обращению с отходами должен содержать перечень отходов производства, подлежащих захоронению. Для субъектов хозяйствования, осуществляющих эксплуатацию объектов захоронения отходов, дополнительно указывается краткое описание объектов захоронения отходов;

– раздел «Перевозка отходов производства» инструкции по обращению с отходами должен содержать:

а) порядок перевозки отходов, осуществляемой в соответствии с требованиями законодательства об обращении с отходами, гражданским законодательством, законодательством о транспорте, а для перевозки опасных отходов, классифицированных как опасные грузы, – порядок, осуществляемый в соответствии с законодательством в области перевозки опасных грузов;

б) порядок учета сопроводительных паспортов перевозки отходов производства;

– в приложении «Образующиеся отходы производства» к инструкции по обращению с отходами указываются:

а) наименования и коды образующихся отходов производства в соответствии с общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОКРБ 021-2019 «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь», утвержденным постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 9 сентября 2019 г. № 3-Т;

б) степень опасности отходов производства и класс опасности опасных отходов производства в соответствии с общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОКРБ 021-2019 «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь», а в случае отсутствия в нем этих сведений – в соответствии с заключением о степени опасности отходов производства и классе опасности опасных отходов производства, получаемым в соответствии с Инструкцией о порядке установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства, утвержденной постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерства

здравоохранения Республики Беларусь и Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 29 ноября 2019 г. № 41/108/65, с указанием даты и номера этого заключения и кем оно выдано;

в) физическое состояние;

г) источники образования отходов производства;

д) сведения о необходимости регистрации сделок о передаче опасных отходов на определенный срок (кроме договора перевозки) и сделок об отчуждении опасных отходов другому субъекту хозяйствования в соответствии с Положением о порядке регистрации сделок о передаче опасных отходов на определенный срок (кроме договора перевозки), а также об отчуждении опасных отходов другому юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю, осуществляющим обращение с отходами, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 ноября 2019 г. № 818, а также цель такой передачи, отчуждения. Для отходов производства, степень опасности и класс опасности которых не указаны в общегосударственном классификаторе Республики Беларусь ОКРБ 021-2019 «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь» и для которых отсутствует заключение о степени опасности отходов производства и классе опасности опасных отходов производства, указываются опасные свойства отходов, необходимые для установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства в соответствии с Инструкцией о порядке установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства. В случае, если в инструкции по обращению с отходами дополнительно указывается обращение с отходами после их сбора и временного хранения (использование, обезвреживание, захоронение или хранение);

– источники образования отходов производства схематично указываются в приложении «Карта-схема источников образования отходов производства» к инструкции по обращению с отходами;

– места временного хранения отходов и объекты хранения отходов указываются в приложении «Карта-схема хранения отходов производства» к инструкции по обращению с отходами;

– в приложении «Расчет-обоснование количества отходов производства для временного хранения» к инструкции по обращению с отходами указывается допустимое количество накопления отходов

производства, необходимое для перевозки (одна транспортная единица), и обоснование этого количества и (или) периодичность вывоза отходов производства и обоснование установления такой периодичности, которые устанавливаются с учетом грузоподъемности транспортного средства и количества отходов производства, которое может быть перевезено таким транспортным средством одним рейсом, но не более количества отходов производства, которое может быть размещено в местах временного хранения таких отходов с учетом их мощностей. Для субъектов хозяйствования, у которых в соответствии с технологическим процессом ежедневное (разовое) образование отходов производства превышает одну транспортную единицу, устанавливаемую с учетом условий, указанных в части первой настоящего пункта, допускается установление одной транспортной единицы с учетом условий и мощности мест временного хранения таких отходов в соответствии с проектной документацией (если разработка таковой требуется в соответствии с законодательством), прошедшей государственную экологическую экспертизу (в случаях, предусмотренных законодательством в области государственной экологической экспертизы, стратегической экологической оценки и оценки воздействия на окружающую среду), и обоснование этого количества. Для субъектов хозяйствования, которые осуществляют подготовку отходов производства, дополнительно указывается количество накопления отходов, предназначенных для подготовки, с учетом грузоподъемности транспортного средства и количества отходов производства, которое может быть перевезено таким транспортным средством одним рейсом, и обоснование этого количества. Для субъектов хозяйствования, которые осуществляют эксплуатацию объектов по использованию отходов и (или) объектов обезвреживания отходов, дополнительно указывается количество накопления отходов, предназначенных для использования и (или) обезвреживания, составляющее не более одной четвертой годовой мощности таких объектов, и обоснование этого количества;

– в случае, если субъектом хозяйствования осуществляется обращение только с коммунальными отходами производства, в инструкцию по обращению с отходами не включаются:

а) разделы: «Образование отходов производства», «Использование и обезвреживание отходов производства», «Захоронение отходов производства», «Перевозка отходов производства»;

б) приложение «Карта-схема источников образования отходов производства»;

в) порядок сбора данных для представления государственной статистической отчетности в области обращения с отходами производства и порядок проведения инвентаризации отходов производства раздела «Учет отходов производства»;

– новая инструкция по обращению с отходами разрабатывается в случаях:

а) изменения основных сведений о субъекте хозяйствования, его реорганизации, изменения места осуществления деятельности, связанной с обращением с отходами производства;

б) изменения требований законодательства, регулирующих порядок обращения с отходами;

в) изменения допустимого количества накопления отходов производства, необходимого для перевозки, и (или) периодичности вывоза отходов производства;

г) изменения условий и мест хранения отходов производства;

д) строительства, реконструкции, расширения, технического перевооружения, модернизации, изменения профиля производства субъекта хозяйствования, повлекшего изменение перечня образующихся видов отходов производства и (или) изменение порядка обращения с ними;

е) изменения перечня отходов производства, которые направляются на хранение, использование, обезвреживание и (или) захоронение;

ж) истечения срока действия согласования инструкции по обращению с отходами;

– субъекты хозяйствования разрабатывают новую инструкцию по обращению с отходами и обращаются в соответствующий территориальный орган Минприроды для ее согласования:

а) в течение 60 календарных дней со дня возникновения оснований, предусмотренных в вышеприведенных пунктах;

б) до возникновения соответствующих оснований, предусмотренных законодательством;

в) до возникновения основания, предусмотренного абзацем восьмым части первой настоящего пункта, но не ранее чем за три месяца до истечения срока действия согласования инструкции по обращению с отходами;

– разработка новой инструкции по обращению с отходами не требуется при изменении:

а) степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства, устанавливаемых их производителями (собственниками), если эти изменения не влекут изменение порядка обращения с такими отходами производства, который определен в инструкции по обращению с отходами;

б) наименования отходов производства, если это изменение не влечет изменения их кода и порядка обращения с такими отходами производства, который определен в инструкции по обращению с отходами.

Новые сведения о степени опасности отходов производства и классе опасности опасных отходов производства, наименовании отходов производства учитываются при разработке новой инструкции по обращению с отходами в связи с наступлением случаев, указанных выше.

Практическая часть работы

1. Изучить порядок разработки и содержание инструкции по обращению с отходами производства.

2. Ответить письменно на контрольные вопросы, согласно варианту задания (табл. 5.2), указанного преподавателем.

Таблица 5.2

Варианты задания

Номер варианта задания	Номера контрольных вопросов
<i>1</i>	<i>2</i>
1	1; 13; 26
2	2, 14; 25
3	3; 15; 24
4	4; 16; 23
5	5; 17; 22
6	6; 18; 21
7	7; 19; 20
8	4; 14; 24
9	25; 15; 5
10	26; 6; 17

Контрольные вопросы

1. Как может быть классифицирована экологическая обстановка в местах образования и размещения отходов?
2. Что подразумевает под собой деятельность обращения с отходами производства?
3. Как различаются производственные отходы?
4. Как рассчитывается индекс токсичности компонента твердых отходов?
5. Как определяется класс токсичности и степень опасности отходов?
6. Сколько классов токсичности отходов и их степень опасности?
7. Какие документы (приказы, разрешения, инструкции, расчеты, договора, свидетельства и др.) необходимы предприятиям для разработки инструкции по обращению с отходами производства?
8. Кем разрабатывается инструкция по обращению с отходами?
9. Кем утверждается инструкция по обращению с отходами?
10. Что включает в себя инструкция по обращению с отходами?
11. Что указывается в разделе «Общие сведения» инструкции по обращению с отходами?
12. Что должен содержать раздел «Ответственные за организацию обращения с отходами производства» инструкции?
13. Что должен содержать раздел «Образование отходов производства» инструкции?
14. Что должно содержаться в разделе «Учет отходов производства» инструкции?
15. Что должен содержать раздел «Сбор и хранение отходов производства» инструкции?
16. Что включает в себя раздел «Использование и обезвреживание отходов производства» инструкции?
17. Какие данные должен содержать раздел инструкции «Захоронение отходов производства»?
18. Что должен содержать раздел «Перевозка отходов производства» инструкции по обращению с отходами?
19. Что указывается в приложении «Образующиеся отходы производства» к инструкции?
20. Как и где в инструкции по обращению с отходами указываются источники образования отходов производства?

21. Как и где в инструкции по обращению с отходами указываются места временного хранения отходов и объекты их хранения?

22. Где в инструкции по обращению с отходами производства приводится «Расчет-обоснование количества отходов производства для временного хранения»? Что включает в себя расчет-обоснование?

23. Какие разделы не включаются в инструкцию по обращению с отходами, если предприятием осуществляется обращение только с коммунальными отходами производства?

24. В каких случаях разрабатывается новая инструкция по обращению с отходами?

25. Какое количество календарных дней предусматривается законодательством для разработки предприятием новой инструкции по обращению с отходами?

26. В каких случаях не требуется разработка новой инструкции по обращению с отходами?

Список использованной литературы

1. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь: ОКРБ 021–2019. Минск : Мин-во прир. ресурс. и охр. окруж. среды Респ. Беларусь (Постановление от 9 декабря 2019 г. № 3-Т), 2019. – 86 с.

2. Экологические нормы и правила. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности: ЭкоНиП 17.01.06-001–2017. – Минск : Мин-во прир. ресурс. и охр. окруж. среды Респ. Беларусь, 2017. – 43 с.

3. Инструкция по обращению с отходами производства : Минск : Мин-во прир. ресурс. и охр. окруж. среды Респ. Беларусь (Постановление от 22.10.2010 № 45), 2010. – 18 с.

4. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность : пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2023. – 212 с.

Практическая работа № 6

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ОТБОР: АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ

Цель работы: получить навыки оценки профессиональной пригодности операторов мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ).

Задание и порядок выполнения работы: изучить методику профессионального отбора операторов МСХТ, алгоритм проведения; ответить на контрольные вопросы.

Общие сведения

Проблема определения соответствия индивидуальных качеств оператора МСХТ профессиональным требованиям должна решаться путем отбора, по некоторым научно обоснованным алгоритмам, важнейшим среди которых является психофизиологический, так как только в случае соответствия психофизиологических качеств оператора характеру его труда, можно ожидать ускоренного приобретения профессиональных навыков для решения производственных задач. К этому следует добавить, что профессиональную пригодность (профессиональная успешность и безопасность) работника трактуют как пригодность к данной профессии, и с учетом результатов исследований в других областях производственной деятельности человека (строительство, транспорт, металлургия) ее можно спрогнозировать на основе знания таких его психофизиологических показателей, как скорость реакции, устойчивость внимания и координация движений. Количественное определение вышеуказанных показателей осуществляется по известным методикам.

Подбор тестов для оценки профессионально значимых качеств оператора МСХТ предполагает изучение таких качеств, как скорость реакции, устойчивость внимания, координация движений и некоторых других (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Профессионально значимые качества оператора мобильной
сельскохозяйственной техники

Профессионально значимые качества	Свойства	Мотивация значимости
1	2	3
Технический интеллект	Уровень развития технического интеллекта	Необходимость понимания технологического процесса, устройства и принципа работы оборудования
Скорость реакции	Быстрота и точность выполнения действий	Необходимость строгого соблюдения режимов выполнения технологических операций
Устойчивость внимания	Устойчивость внимания. Избирательность и концентрация внимания	Необходимость постоянного внимания за соблюдением требований технологического процесса, переключения внимания с одного объекта на другой (измерительные приборы, инструмент)
Координация движений	Координированность телодвижений (согласованность действий частей тела)	Минимизация риска производственного травматизма
Зрительное восприятие	Точность глазомера	Выполнение функций слежения за состоянием подконтрольных объектов, измерение объектов деятельности без помощи инструментов и приборов

Профессионально значимые качества	Свойства	Мотивация значимости
Эмоциональная устойчивость	Выдержанность, отсутствие нервного утомления	Высокая напряженность труда
Уровни ответственности	Нормативность поведения, деловая направленность	Высокая ответственность за безопасность других людей и материальные ценности

При подборе тестов для оценки профессиональной успешности и безопасности труда операторов МСХТ (табл. 6.2) необходимо учитывать ряд требований, главными из которых являются:

- *валидность* теста – характеристика теста, включающая сведения об области исследуемых явлений, а также репрезентативности диагностической процедуры по отношению к ним;
- *надежность теста* – это мера стабильности результатов, полученных с помощью конкретной методики при проведении исследований;
- *дифференцированность теста* – избирательная оценка определенного качества или совокупности качеств.

Таблица 6.2

Тесты для оценки профессиональной успешности и безопасности труда оператора МСХТ

Профессионально значимые качества	Тесты
1	2
Технический интеллект	Тест механической понятливости «Беннета»
Скорость реакции	Тест на скорость реакции
Устойчивость внимания	Тест «Анфимова» (корректирующая таблица)
Координация движений	Экспериментальные данные
Зрительное восприятие	Тест «Деление отрезка пополам»

Профессионально значимые качества	Тесты
Эмоциональная устойчивость	Тест «Айзенка»; тест «Кеттелла»
Уровни ответственности	Тест «Кеттелла»

Обработка полученных статистических материалов анкетирования и тестирования профессиональной успешности и безопасности труда проводится с использованием соответствующих пакетов прикладных статистических программ. В отдельных случаях, при работе с малыми выборками, для оценки достоверности различий используются методы непараметрической статистики и, в частности, «знаковый метод». Нахождение оптимальной совокупности факторов, позволяющих добиться высоких результатов при обучении, осуществляется с использованием метода планирования эксперимента.

Необходимость учета психофизиологических факторов для оценки профессиональной успешности и безопасности труда операторов МСХТ обусловлена тем, что, несмотря на широкое использование механизации сельскохозяйственных процессов, повышенный контроль со стороны человека является важнейшим элементом функционирования системы «оператор–машина–среда» («ОМС»). Безотказно работающих машин и механизмов практически не существует, и при возникновении отказа в работе любого технического средства необходимо немедленное вмешательство человека, выполнение им функций управления. Это требует от работника большой ответственности, так как от правильности, своевременности, безошибочности и эффективности его действий зависят качество работы управляемой им системы, сохранность оборудования и жизни людей.

Для профессиональной успешности оператора МСХТ необходимо, в первую очередь, наличие у него технического интеллекта, в то же время профессиональную безопасность трудовой деятельности оператора можно спрогнозировать, зная такие основные психофизиологические его качества, как скорость реакции, устойчивость внимания и координацию движений.

Показатель профессиональной успешности и безопасности производственной деятельности операторов МСХТ определяется

с учетом экспертной оценки, выставленной специалистами агропредприятия (главным инженером, заведующим мастерскими, инженером по охране труда и др.), знающими оцениваемых длительное время.

Психофизиологические факторы профессиональной успешности и безопасности операторов МСХТ рекомендуется учитывать непосредственному руководителю на производстве при расстановке кадров для выполнения производственных работ.

Алгоритм проведения психофизиологического профессионального отбора операторов МСХТ. Для определения скорости реакции (r) оператора МСХТ используется специальный тест. Оператор, перемещая на экране монитора ноутбука красный квадрат, должен избегать столкновения с синими, не выходя за рамки «белого поля» на мониторе (рис. 6.1). Для адаптации к условиям проведения теста оператору рекомендуется 1–2 пробные попытки.

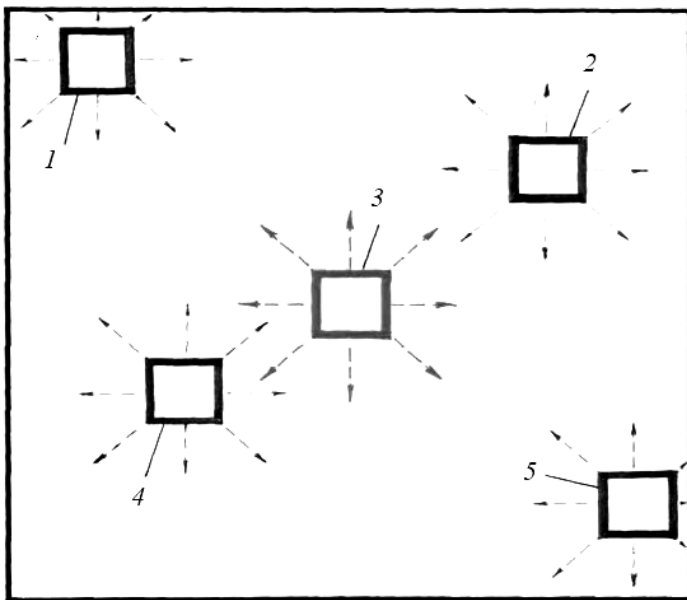


Рис. 6.1. Тест на скорость реакции оператора МСХТ:
3 – управляемый квадрат; 1; 2; 4; 5 – хаотично движущиеся квадраты

Оценка пригодности оператора МСХТ в зависимости от скорости реакции приведена в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Оценка профессиональной пригодности оператора МСХТ в зависимости от скорости реакции

Значение фактора «скорость реакции» r , с	Оценка, балл	Пригодность оператора
1	2	3
10...15	4,0...5,0	успешно пригодный
5...9	3,0...3,9	условно пригодный
< 5	< 3,0	непригодный

Для определения фактора «устойчивость внимания» (b) оператору МСХТ предлагается в течение двух минут вычеркнуть из таблицы Анфимова определенное число символов. При этом оценивается общее количество символов, число правильно зачеркнутых, пропущенных и ошибочно вычеркнутых. Значение фактора «устойчивость внимания» (b) оператора МСХТ определяется по формуле

$$b = \frac{N}{N_{\max}} (1 - K_{\text{ош.}} \cdot n), \quad (6.1)$$

где N – число прочитанных оператором МСХТ символов за фиксированный промежуток времени;

$N_{\max}$ – число максимально прочитанных одним из операторов МСХТ символов за фиксированный промежуток времени;

$K_{\text{ош.}}$ – коэффициент ошибки (значение $K_{\text{ош.}}$ устанавливается в зависимости от сложности выполняемой профессиональной работы; для операторов МСХТ принимаем $K_{\text{ош.}}$ равным 0,05);

n – число пропущенных и ошибочно вычеркнутых символов (букв).

Оценка пригодности оператора МСХТ в зависимости от устойчивости внимания приведена в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Оценка профессиональной пригодности от устойчивости внимания оператора МСХТ

Значение фактора «устойчивость внимания»	Оценка, балл	Пригодность оператора
0,70...1,0	4,0...5,0	успешно пригодный

Значение фактора «устойчивость внимания»	Оценка, балл	Пригодность оператора
0,50...0,69	3,0...3,9	условно пригодный
< 0,50	< 3,0	непригодный

Оценить статическую координацию (k) оператора МСХТ, частоту и устойчивость движений, например, кисти руки, можно с помощью довольно простых, не требующих специального оборудования тестов. Для этого используется «теппинг-тест»: подсчитывается количество точек, проставленных оператором МСХТ в каждом из четырех равных квадратов на листе бумаги. В течение 10 с в максимальном темпе ставят точки в первом квадрате, затем 10-секундный период отдыха и вновь повторяют процедуру от второго квадрата к третьему и четвертому. Общая длительность теста – 40 секунд. Максимальная частота движений кисти ($K_{\max}$) принимается равной 70 за 10 секунд. Снижение количества точек от квадрата к квадрату свидетельствует о недостаточной устойчивости двигательной сферы и нервной системы, а снижение лабильности нервных процессов ступенеобразно (с увеличением частоты движений во втором или третьем квадратах) – показывает о замедлении вработываемости оператора. Значение показателя «координация движений» кисти руки оператора МСХТ определяется по формуле

$$k = \frac{K_1}{K_{\max}} \cdot \frac{K_2}{K_1} \cdot \frac{K_3}{K_2} \cdot \frac{K_4}{K_3}, \quad (6.2)$$

где $K_1...K_4$ – частота движений кисти руки при выполнении задания соответственно в первом, втором, третьем и четвертом квадратах;

$K_{\max}$ – максимальная частота движений кисти (принимается равной 70 за 10 секунд).

В табл. 6.5 приведена оценка пригодности оператора МСХТ в зависимости от такого психофизиологического фактора как координация движений.

Таблица 6.5

Оценка профессиональной пригодности от координации движений
оператора МСХТ

Значение фактора «координация движений»	Оценка, балл	Пригодность оператора
0,70...1,0	4,0...5,0	успешно пригодный
0,50...0,69	3,0...3,9	условно пригодный
< 0,50	< 3,0	непригодный

Практическая часть работы

1. Изучить методику оценки профессиональной пригодности оператора МСХТ в зависимости от скорости его реакции, устойчивости внимания, координации движений.

2. Ответить письменно на контрольные вопросы, согласно варианту задания (табл. 6.6), указанному преподавателем.

Таблица 6.6

Варианты задания

Номер варианта задания	Номера контрольных вопросов
1	2
1	18; 7; 20
2	21, 10; 2
3	3; 14; 22
4	5; 11; 19
5	7; 14; 21
6	9; 18; 6
7	11; 21; 1
8	4; 12; 16
9	8; 17; 13
10	15; 16; 6

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется подбор тестов для оценки профессионально значимых качеств оператора МСХТ?

2. Перечислить профессионально значимые качества оператора МСХТ, их свойства и мотивацию значимости.

3. Какие требования необходимо учитывать при подборе тестов для оценки профессиональной успешности и безопасности труда операторов МСХТ?

4. Что означает валидность теста?

5. Сформулировать определение надежности теста.

6. Что означает дифференцированность теста?

7. В чем сущность теста механической понятливости «Беннета»?

8. Когда применяется тест «Анфимова»?

9. Варианты практического использования тестов «Айзенка» и «Кеттелла».

10. В каких случаях для обработки статистических данных безопасности труда используются методы непараметрической статистики?

11. Чем обусловлена необходимость учета психофизиологических факторов для оценки безопасности труда операторов МСХТ?

12. Какие психофизиологические качества позволяют спрогнозировать профессиональную безопасность трудовой деятельности оператора МСХТ?

13. Как определяется показатель профессиональной успешности производственной деятельности операторов МСХТ?

14. Какой специальный тест используется для определения скорости реакции оператора МСХТ?

15. Градация профессиональной пригодности оператора МСХТ в зависимости от скорости реакции.

16. Какой тест используется для оценки фактора «устойчивость внимания» оператора МСХТ?

17. Записать выражение для расчета оценки устойчивости внимания оператора МСХТ.

18. Градация профессиональной пригодности оператора МСХТ в зависимости от устойчивости его внимания.

19. Методика использования «теппинг-теста» для оценки статической координации оператора МСХТ.

20. Записать выражения для расчета оценки координации движений оператора МСХТ.

21. Градация профессиональной пригодности оператора МСХТ в зависимости от координации его движений.

22. Сколько пробных попыток рекомендуется выполнить при использовании теста для определения скорости реакции оператора МСХТ?

Список использованной литературы

1. Мисун, Л. В. Профессиональная успешность и безопасность операторов мобильной сельскохозяйственной техники: психофизиологический отбор и прогнозирование / Л. В. Мисун, А. Н. Гурина. – Минск : БГАТУ, 2013. – 184 с.
2. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность : пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2023. – 212 с.

Практическая работа № 7

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ

Цель работы: получить навыки выбора и обоснования технических средств и устройств для повышения пассивной безопасности управления транспортным средством (ТС).

Задание и порядок выполнения работы: изучить методику оценки пассивной безопасности управления ТС, технические средства для ее повышения; ответить на контрольные вопросы.

Общие положения

Известно, что условия труда – это совокупность факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, воздействующих на работоспособность и здоровье работающего в процессе трудовой деятельности. Так, например, на водителей ТС воздействует целый ряд разнообразных факторов производственной среды (рис. 7.1), которые в совокупности определяют состояние условий труда. Это работа в вынужденной позе со значительным статическим и динамическим нервно-мышечным напряжением, повышением утомляемости. Для улучшения условий труда водителей ТС необходимо предпринимать предпринимать меры по повышению как активной, так и пассивной их безопасности.

К основным конструктивным и эксплуатационным свойствам ТС, направленных на предотвращение травмоопасных ситуаций и повышение активной безопасности, относятся: тормозные, тяговые, устойчивость, управляемость, проходимость и информативность. Важное значение для снижения вероятности травмоопасной ситуации при эксплуатации ТС и тяжести травмирования водителя имеет и обеспечение пассивной безопасности, которая подразделяется на внешнюю и внутреннюю. К внешней относятся технические решения, направленные на отсутствие в конструкции ТС, например, острых углов. Внутренняя пассивная безопасность обеспечивается

организационно-техническими мероприятиями по защите водителей ТС путем специального оборудования кабины (ремнями и подушками безопасности, подголовниками, травмобезопасной рулевой колонкой и др.).

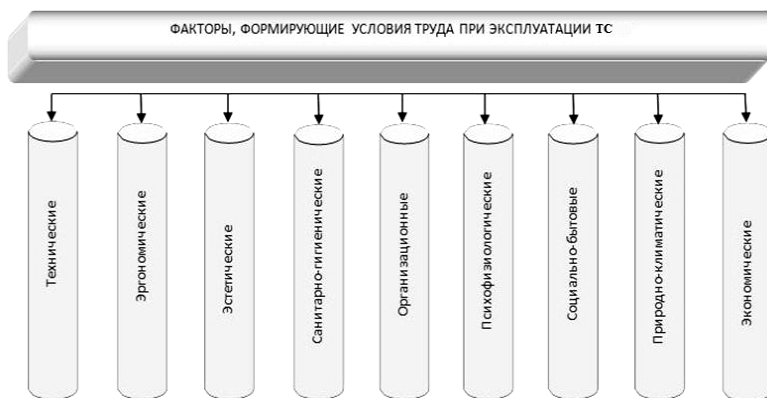


Рис. 7.1. Классификация факторов, формирующих условия труда при эксплуатации ТС

Одной из распространенных и действенных систем безопасности при эксплуатации современных ТС являются воздушные подушки, которые срабатывают при получении аварийного сигнала от блока управления. Это защищает водителя ТС от травмирования твердыми предметами и осколками стекол.

Важным элементом для обеспечения пассивной безопасности водителя ТС служит подголовник, установленный на сиденье ТС. Это позволяет предотвратить резкое движение головы во время травмоопасной ситуации. Достигается эффективная защита при использовании подголовника, если он находится на уровне центра тяжести головы водителя ТС.

Наличие на ТС травмобезопасного рулевого управления также является одним из важнейших условий для обеспечения пассивной безопасности водителя, снижения тяжести возможной травмы в случае аварийной ситуации. Для этого в травмобезопасных рулевых управлениях ТС применяются энергопоглощающие устройства, например, резиновые муфты специальной конструкции. При столкновениях резиновая муфта разрушается, а соединительные

пластины деформируются и уменьшают перемещение рулевого вала внутри кабины ТС.

Методика оценки пассивной безопасности управления ТС.
В качестве критерия оценки уровня пассивной конструктивной безопасности может использоваться показатель опасности происшествия $K_{оп}$:

$$K_{оп} = P_1 \cdot n_1 + P_2 \cdot n_2 + P_3 \cdot n_3 + P_4 \cdot n_4, \quad (7.1)$$

где P_1 – показатель тяжести происшествия с повреждением ТС без травмирования водителя ($P_1 = 1$);

P_2 – показатель тяжести происшествия с повреждением ТС при легкой степени травмы водителя ($P_2 = 1,2$);

P_3 – показатель тяжести происшествия при серьезной травме водителя, повлекшей его инвалидность ($P_3 = 2,8$);

P_4 – показатель тяжести происшествия в случае гибели водителя ТС ($P_4 = 8,1$);

$n_{1...4}$ – число происшествий соответствующей группы.

Среднее значение показателя опасности происшествия $K_{оп.ср.}$ определяется из зависимости:

$$K_{оп.ср.} = \frac{K_{оп.}}{N}, \quad (7.2)$$

где N – общее число происшествий.

Также для оценки уровня пассивной безопасности ТС может использоваться условный показатель опасности происшествий Рейнольдса:

$$V_{оп} = B_1 \cdot N_1 + B_2 \cdot N_2 + B_3 \cdot N_3 + B_4 \cdot N_4, \quad (7.3)$$

где N_1 – число происшествий без нанесения повреждений для здоровья водителя ТС;

N_2 – число происшествий с легкими повреждениями для здоровья водителя ТС;

N_3 – число происшествий с тяжелыми повреждениями для здоровья водителя ТС;

N_4 – число происшествий со смертельными повреждениями для здоровья водителя ТС;

B_1, B_2, B_3, B_4 – коэффициенты тяжести происшествий $N_1 \dots N_4$, равные соответственно 1; 5; 70; 130.

Среднее значение показателя опасности происшествий Рейнольдса $V_{\text{оп.ср.}}$ определяется из соотношения:

$$V_{\text{оп.ср.}} = \frac{V_{\text{оп.}}}{N}, \quad (7.4)$$

где $N_i = N_1 \dots N_4$.

Для оценки уровня пассивной безопасности ТС рекомендуется использовать и показатели обеспеченности безопасности в его кабине (K_c, K_t, K_l), а также комплексный показатель пассивной безопасности (K_o):

$$K_c = \frac{n_c}{N}, \quad (7.5)$$

$$K_t = \frac{n_{\text{т.т.}}}{N}, \quad (7.6)$$

$$K_l = \frac{n_{\text{л.т.}}}{N}, \quad (7.7)$$

$$K_o = \frac{B_l \cdot n_{\text{л.т.}} + B_t \cdot n_{\text{т.т.}} + B_c \cdot n_c}{N}, \quad (7.8)$$

где $n_c, n_{\text{т.т.}}, n_{\text{л.т.}}$ – число смертельно, тяжело и легко травмированных водителей ТС соответственно;

B_l, B_t, B_c – коэффициенты тяжести травм для легких, тяжелых повреждений и погибших соответственно 1; 23,4; 64,5.

Для оценки эффективности пассивной безопасности используется следующая зависимость:

$$K_{\text{оп}} = \frac{B_1 \sum n_{\text{л.т.}} + B_2 \sum n_{\text{т.т.}} + B_3 \sum n_{\text{с}}}{\sum n}, \quad (7.9)$$

где $n_{\text{с}}$, $n_{\text{т.т.}}$, $n_{\text{л.т.}}$ – число смертельно, тяжело и легко травмированных водителей ТС соответственно;

B_1 , B_2 , B_3 – коэффициенты тяжести потерь от легких и тяжелых травм, а также смертельных случаев соответственно (принимаются равными 0,015; 0,36; 1,0).

Для сравнительной оценки и анализа различных по степени тяжести последствий происшествия используется коэффициент тяжести $K_{\text{т}}$, определяемый как отношение количества погибших $n_{\text{п}}$ к числу травмированных $n_{\text{т}}$ за определенный период времени:

$$K_{\text{т}} = \frac{\sum n_{\text{п}}}{\sum n_{\text{т}}}. \quad (7.10)$$

Кроме того, тяжесть последствий происшествия ($K_{\text{т}}$) может быть охарактеризована показателями, определяемыми как отношение количества погибших или травмированных к общему числу происшествий:

$$K_{\text{т}} = \frac{\sum n_{\text{п}}}{\sum N}, \quad (7.11)$$

$$K_{\text{т}} = \frac{\sum n_{\text{т}}}{\sum N}, \quad (7.12)$$

$$K_{\text{т}} = \frac{\sum n_{\text{п}} + \sum n_{\text{т}}}{\sum N}. \quad (7.13)$$

Для подсчета интегрального показателя пассивной безопасности технического средства ($J_{\text{пб}}$) используется выражение

$$J_{\text{пб}} = b_0 + b_1 \cdot x_1 + \dots + b_n \cdot x_n, \quad (7.14)$$

где $b_0, b_1, \dots, b_n$ – коэффициенты регрессии при переменных факторах;
 $x_1, \dots, x_n$ – переменные факторы в кодированной форме.

Для качественного анализа пассивной безопасности водителя ТС важное значение имеет показатель влияния перегрузок, возникающих, например, при ударе. На рис. 7.2 показана система координат $(-n_x; +n_x)$, $(-n_y; +n_y)$, $(-n_z; +n_z)$ и допустимые параметры перегрузки $n(t)$.

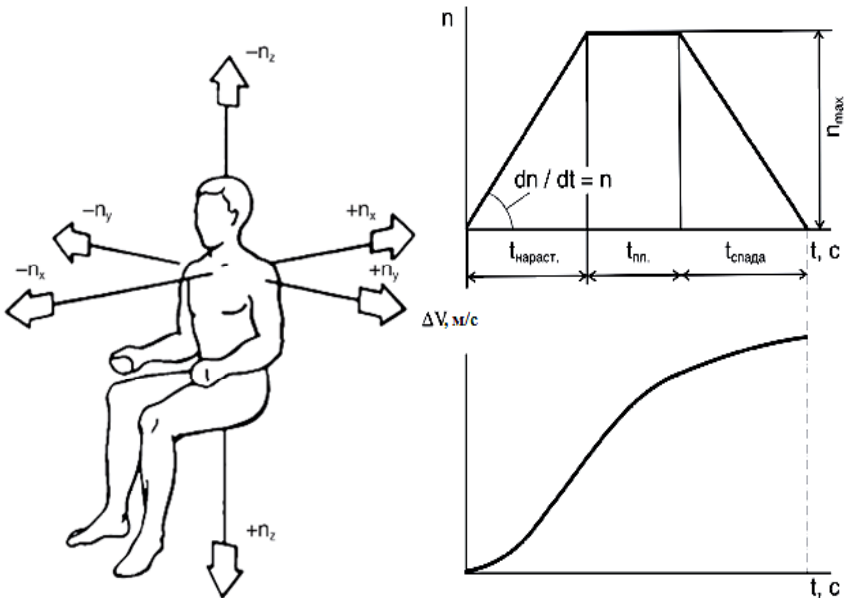


Рис. 7.2. Допустимые параметры ударной перегрузки

Следует отметить, что при воздействии на водителя ТС ударной перегрузки к наиболее значимым ее параметрам относятся скорость нарастания перегрузки («резкость удара») и скорость, потерянная при ударе (ΔV). Для снижения воздействия удара на голову (рис. 7.3) на подголовнике сиденья ТС может устанавливаться войлочная прокладка.

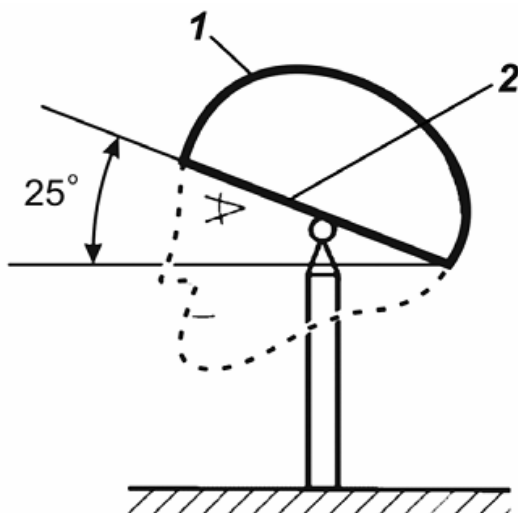


Рис. 7.3. Схематичное отображение контура головы человека:
1 – свод черепа; 2 – основание черепа

Возможные повреждения головного мозга и костей черепа при черепно-мозговой травме в зависимости от направления удара (по затылку, спереди) приведены на рис. 7.4.



Рис. 7.4. Возможные повреждения головного мозга и костей черепа при летальной черепно-мозговой травме в зависимости от направления удара:

a – удар по затылку; *б* – удар спереди:

1 – свод черепа; 2 – основание черепа; 3 – поверхность мозга в зоне свода черепа; 4 – базальная поверхность мозга; жирные линии – линии переломов; затемненные участки – контузионные очаги

Переносимость водителем ТС ударных перегрузок характеризуется показателями скорости, теряемой при ударе ΔV , допустимое значение которого зависит от скорости нарастания перегрузки (n) (рис. 7.5).

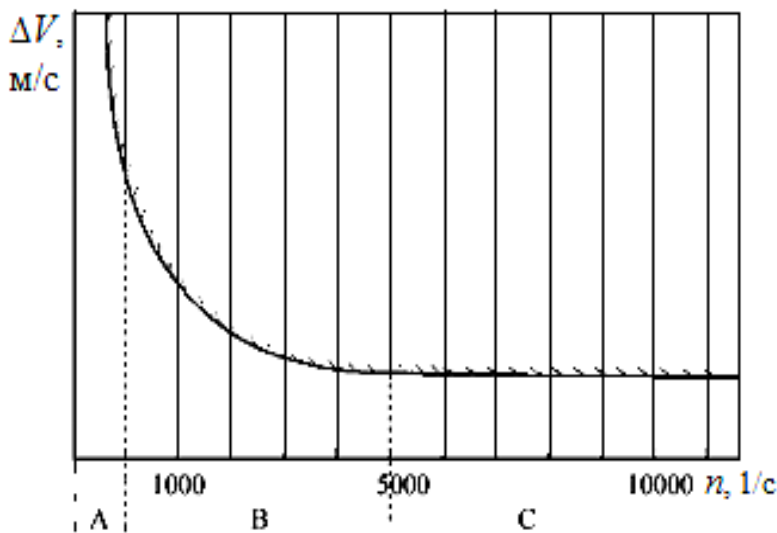


Рис. 7.5. Оценка переносимости водителем ТС ударной перегрузки

Для диапазонов (B) и (C) снижение упругих свойств системы «водитель – ТС – сиденье кабины», то есть снижение скорости отскока системы при ударе, существенно повышает безопасность водителя ТС.

Технические средства для повышения пассивной конструктивной безопасности ТС. Для обеспечения физиологически комфортных условий труда водителя ТС, препятствия быстрого утомления, сохранения осанки и гибкости позвоночника, предупреждения заболеваний органов таза и нижних конечностей предлагается специальное техническое средство. Конструктивное выполнение жесткой пластины в виде двух элементов и их соединение с помощью лент текстильной застежки (рис. 7.6) позволяет осуществлять регулировки этого устройства с учетом антропометрических характеристик водителя ТС и его анатомо-физиологических особенностей.

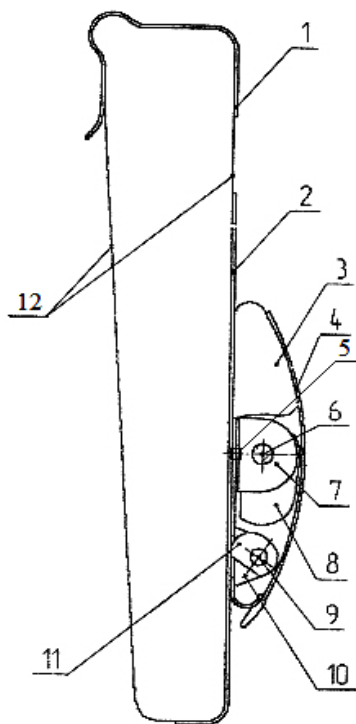


Рис. 7.6. Техническое устройство на сиденье для снятия физической усталости водителя ТС:

- 1, 2 – элементы жесткой пластины; 3 – накладка; 4 – крышка; 5 – стопор;
6 – правый вал; 7 – опора; 8 – металлический кулачок; 9 – левый вал;
10 – нижняя опора; 11 – резиновый кулачок; 12 – лента застежки*

Наличие впадины на крышке продольной накладки дает возможность механически регулировать расстояние между спиной водителя ТС и спинкой сиденья, препятствует искривлению позвоночника, благотворно воздействует на его поясничный отдел, обеспечивает комфортность и удобство при длительном пребывании водителя ТС в положении сидя.

Эффективная и безопасная защита водителя ТС от выделяемого пота в процессе работы при соприкосновении его спины со спинкой сиденья достигается периодической и нетрудоемкой сменой впитывающих элементов технического средства (рис. 7.7), препятствующих перегреву организма водителя ТС.

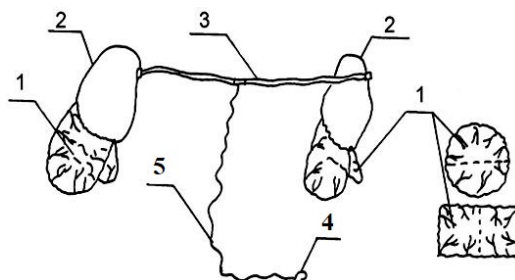


Рис. 7.7. Техническое средство для улучшения условий труда водителя ТС:
1 – впитывающий элемент; 2 – эластичные кольца; 3 – стяжка; 4 – зацеп; 5 – оттяжка

Для обеспечения удобной опоры для головы и шеи водителя ТС может использоваться специальная конструкция подголовника (рис. 7.8). Такое техническое средство содержит упругую опору с затылочной, подбугорной и шейной частями, в которых расположены зоны контакта головы с подголовником.

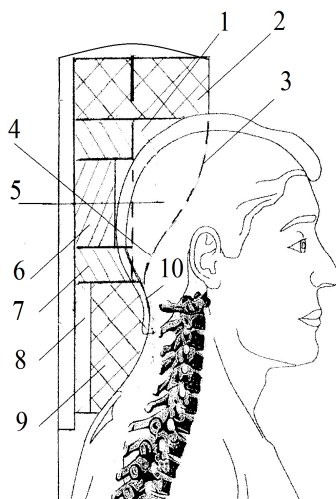


Рис. 7.8. Техническое устройство для снятия напряжения водителя ТС в области шейных и поясничных позвонков:

- 1 – затылочная выемка; 2 – затылочная часть подголовника;
- 3 – верхняя поверхность подголовника; 4 – ушная выемка подголовника;
- 5 – внутренняя часть подголовника; 6, 7 – сменные кольцевые элементы подголовника;
- 8 – продольная выемка подголовника; 9 – шейная часть подголовника,
- 10 – внутренний массажный упор

Для снижения вибронегруженности на рабочем месте водителя ТС предлагается специальная конструкция основания пола кабины ТС (рис. 7.9).

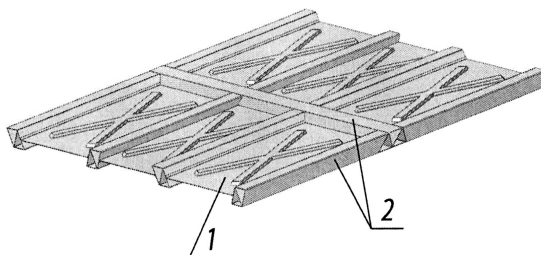


Рис. 7.9. Основание пола кабины ТС:

1 – балка листового элемента изотропной жесткости; 2 – замкнутые гофры

Для повышения безопасности и удобства выполнения работ в подкапотном месте может использоваться конструкция оперения (рис. 7.10) ТС с подрессоренной кабиной.

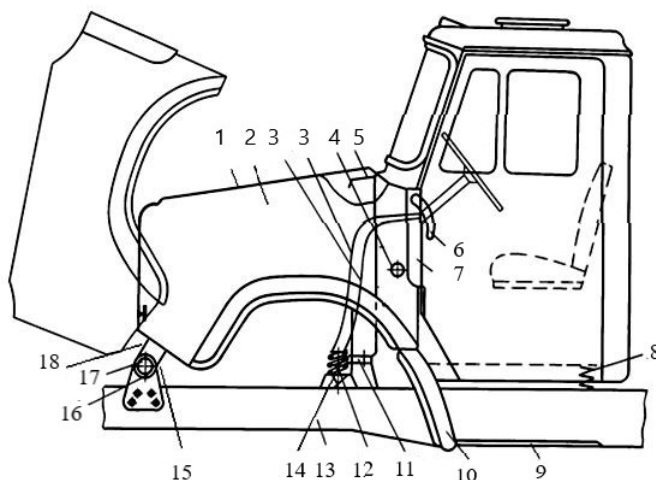


Рис. 7.10. Оперение ТС с подрессоренной кабиной:

1 – капот; 2 – крыло; 3 – тросики; замок; 4 – кнопка; 5 – козырек; 6 – ручка;
7 – накладка; 8 – рессоры; 9 – подножка; 10 – нижняя часть крыла; 11 – упор;
12, 14 – управление дополнительным замком оперения; 13 – рама;
15 – регулировочный рычаг; 16 – труба; 17 – торсион; 18 – рычаг

Недостаточное сцепление подошвы обуви водителя ТС со скользкой поверхностью ступенек кабины – одна из причин случаев травматизма. Поэтому рекомендуется использовать для обуви безопасную съемную нескользящую подошву, которая закрепляется эластичными ремнями с замками (рис. 7.11).

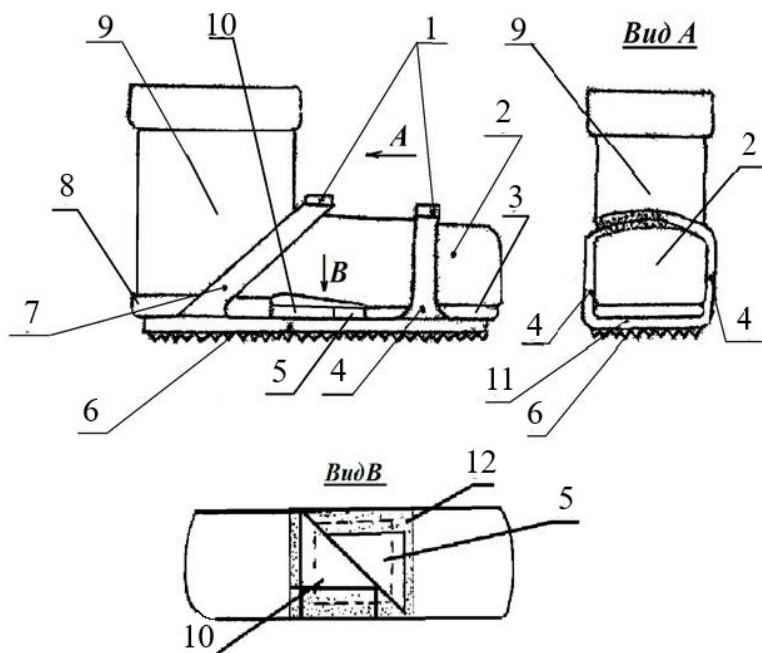


Рис. 7.11. Съемная нескользящая подошва обуви для водителя ТС:
 1 – замок из ткани «липучка»; 2 – носок обуви; 3 – подошва обуви;
 4, 7 – эластичные ремни; 5, 10 – сменные пластинки;
 6 – крупнозернистые гранулы абразива; 8 – каблук обуви;
 9 – средняя часть обуви

Следует отметить, что сменные пластинки располагаются с помощью «липучек» параллельно и перпендикулярно продольной оси симметрии пластины эластомера и соприкасаются между собой с возможностью относительного перемещения таким образом, чтобы их стороны упирались во внутренние торцы каблука и подошвы. Это увеличивает надежность фиксации съемной подошвы на обуви водителя ТС.

Для повышения пассивной безопасности управления ТС может использоваться техническое устройство механизма рулевого управления (рис. 7.12), содержащее рулевое колесо со спицами, рулевой вал, связанный с рулевым механизмом, щиток комбинации приборов, неподвижно закрепленный к кожуху рулевого вала и расположенный внутри периметра рулевого колеса. Предлагаемое техническое средство выполнено в виде подушки безопасности, установленной в сложенном состоянии внутри рулевого колеса на оси рулевого вала, причем корпус подушки безопасности в верхней его части закрыт корпусом щитка комбинации приборов и органов управления, а в нижней – крышкой корпуса подушки безопасности.

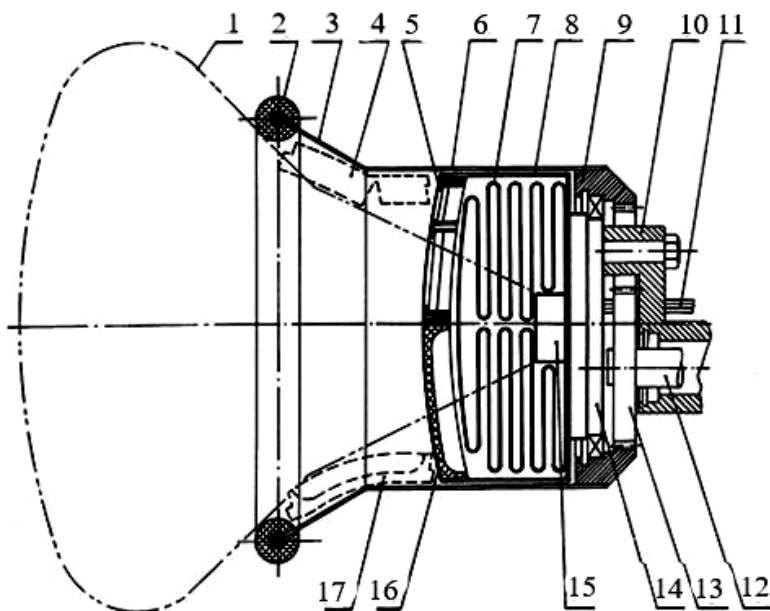


Рис. 7.12. Техническое устройство механизма рулевого управления ТС:

- 1, 17 – контур; 2 – рулевое колесо; 3 – спица; 4 – контур разрыва;
- 5 – приборный щиток; 6 – корпус; 7 – подушка безопасности в сложенном состоянии;
- 8 – корпус подушки безопасности; 9 – венец планетарного механизма;
- 10 – кожух рулевого вала; 11 – электрическая коммутация;
- 12 – рулевой вал; 13 – шестерня; 14 – разъемная колодка;
- 15 – взрывное устройство; 16 – крышка корпуса подушки безопасности

Практическая часть работы

1. Изучить методику оценки пассивной безопасности управления ТС.
2. Изучить технические средства для повышения пассивной конструктивной безопасности ТС.
3. Ответить письменно на контрольные вопросы, согласно варианту задания (табл. 7.1), указанного преподавателем.

Таблица 7.1

Варианты задания

Номер варианта задания	Номера контрольных вопросов
1	2
1	2; 12; 22
2	4, 14; 21
3	6; 16; 20
4	8; 14; 18
5	10; 15; 19
6	1; 11; 21
7	3; 13; 17
8	7; 17; 12
9	9; 18; 22
10	5; 10; 1

Контрольные вопросы

1. Перечислить факторы, формирующие условия труда при эксплуатации ТС.
2. Основные конструктивные и эксплуатационные свойства ТС, направленные на повышение его активной безопасности.
3. Виды пассивной безопасности при эксплуатации ТС.
4. Привести примеры технических средств для повышения внешней пассивной безопасности ТС.

5. Какие организационно-технические мероприятия используются для обеспечения внутренней пассивной безопасности ТС?

6. Что используется в качестве критерия оценки уровня пассивной конструктивной безопасности ТС?

7. Как рассчитывается среднее значение показателя опасности происшествия, связанного с ТС?

8. Как комплексный показатель пассивной безопасности управления ТС?

9. Как рассчитывается эффективность пассивной безопасности ТС?

10. Физический смысл коэффициента тяжести последствий происшествия ТС.

11. Как определяется показатель качественной оценки пассивной безопасности управления ТС?

12. Какие параметры характеризуют ударную перегрузку при управлении ТС?

13. Возможные повреждения головного мозга и костей черепа при черепно-мозговой травме водителя ТС в зависимости от направления удара.

14. Какими показателями характеризуется переносимость водителем ТС перегрузок?

15. Какие технические средства рекомендуется использовать для снятия физической усталости водителя ТС?

16. Какие технические средства используются для защиты организма водителя ТС от перегрева?

17. Какие технические устройства используются для снятия напряжения водителя ТС в области шейных и поясничных позвонков?

18. Конструкция технического устройства рулевого управления для повышения пассивной безопасности управления ТС.

19. Перечислить значения коэффициентов тяжести происшествий связанных с управлением ТС.

20. Коэффициенты тяжести травм, связанных с управлением ТС соответственно для легких, тяжелых повреждений и погибших.

21. Физический смысл параметра «скорость нарастания перегрузки» при управлении ТС.

22. Как оценивается переносимость водителем ТС ударной перегрузки, диапазоны ударной перегрузки?

Список использованной литературы

1. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность : пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2023. – 212 с.
2. Полезная модель ВУ 13205, МПК А 61Н 1/00 (2006.01). Устройство для самомассажа глубоких мышц спины и шеи оператора мобильной сельскохозяйственной техники при проведении регулировочных работ в положении лежа: №и20220266: заявлено 25.11.2022: опубл. 30.06.2023 / Мисун А. Л., Мисун Л. В., Агейчик О. Г., Агейчик В. А.; заявители: Мисун А. Л., Мисун Л. В., Агейчик О. Г., Агейчик В. А. – 5 с.
3. Полезная модель ВУ 12586, МПК А 43С 15/00 (2006.01). Безопасная съёмная нескользящая подошва для обуви с каблуком оператора мобильной сельскохозяйственной техники: №и20200218: заявлено 09.09.2020: опубл. 01.03.2021 / Мисун Ал-р Л., Мисун Ал-й Л., Агейчик О. Г., Мисун Л. В.; заявители: Мисун Ал-р Л., Мисун Ал-й Л., Агейчик О. Г., Мисун Л. В. – 5 с.
4. Полезная модель ВУ 12365, МПК В 62Д 1/11; В 60R 21/20 (2006.01). Безопасное рулевое управление для транспортного средства сельскохозяйственного назначения: №и20190316: заявлено 20.12.2019: опубл. 30.08.2020 / Мисун Ал-р Л., Мисун Ал-й Л., Агейчик О. Г., Мисун Л. В., Агейчик В. А., Азаренко В. В., Мисун В. Л.; заявители: Мисун Ал-р Л., Мисун Ал-й Л., Агейчик О. Г., Мисун Л. В., Агейчик В. А., Азаренко В. В., Мисун В. Л. – 5 с.
5. Полезная модель ВУ 12302, МПК G 08В 21/06, В 60К 28/06 (2006.01). Устройство для предупреждения от засыпания за рулем оператора транспортного средства сельскохозяйственного назначения: №и20190278: заявлено 12.11.2019: опубл. 30.06.2020 / Мисун Ал-й Л., Агейчик О. Г., Мисун Л. В., Мисун Ал-р Л., Кузнецов А. Г., Агейчик В. А., Азаренко В. В., Мисун В. Л.; заявители: Мисун Ал-й Л., Агейчик О. Г., Мисун Л. В., Мисун Ал-р Л., Кузнецов А. Г., Агейчик В. А., Азаренко В. В., Мисун В. Л. – 5 с.
6. Полезная модель ВУ 11911, МПК В 60К 37/00, В60ІЗ/00 (2006.01). Накладка антибликовая на приборную панель автомобиля или трактора: №и20180075: заявлено 16.03.2018: опубл. 28.02.2019 / Мисун Л. В., Мисун Ал-й Л., Агейчик О. Г.,

Агейчик В. А., Мисун Ал-р Л., Азаренко В. В., Морозова И. М., Мисун В. Л.; заявители: Мисун Л. В., Мисун Ал-й Л., Агейчик О. Г, Агейчик В. А., Мисун Ал-р Л., Азаренко В. В., Морозова И. М., Мисун В. Л. – 6 с.

7. Полезная модель ВУ 12000, МПК А 01М 3/00 (2006.01). Москитная сетка для автомобиля или трактора: №и20180156: заявлено 30.05.2018: опубл. 30.06.2019 / Мисун Ал-р Л., Агейчик О. Г, Мисун Л. В., Агейчик В. А., Мисун Ал-й Л., Морозова И. М., Мисун И. Н.; заявители: Мисун Ал-р Л., Агейчик О. Г, Мисун Л. В., Агейчик В. А., Мисун Ал-й Л., Морозова И. М., Мисун И. Н. – 5 с.

Практическая работа № 8

ЗАЩИТНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТРАВМИРОВАНИЯ РАБОТНИКА КАРДАННЫМ ВАЛОМ

Цель работы: получить навыки расчета защитных ограждений и предохранительных устройств для технических средств.

Задание и порядок выполнения работы: изучить методики расчета защитных ограждений и предохранительных устройств для технического средства; выполнить расчет толщины стенки защитного ограждения; ответить на контрольные вопросы.

Общие положения

Механизм, состоящий из одного или нескольких карданных валов и карданных шарниров, предназначенных для передачи крутящих моментов между коробкой и задним мостом, – называется карданной передачей.

Карданная передача включает три основных элемента: карданные шарниры (карданы), карданные валы и промежуточные опоры.

У некоторых моделей кардан состоит из фланца, установленного на шлицах заднего конца вторичного вала коробки передач, к которому тремя болтами крепится эластичная муфта. Эта же муфта тремя другими болтами крепится к фланцу, установленному на шлицах переднего конца переднего карданного вала. Болты крепления эластичной муфты установлены через один. Один крепит муфту к фланцу вторичного вала коробки передач, а другой – к фланцу карданного вала, и в таком порядке установлены все шесть болтов. Длина карданной передачи изменяется за счет перемещения муфты по шлицам переднего карданного вала.

Карданные валы для облегчения веса имеют трубчатое сечение. К концам вала привариваются наконечники со шлицами или вилки карданов. Если карданная передача имеет два или более карданных вала, то для подвески валов служат промежуточные опоры, крепящиеся на поперечине. Карданный вал опирается на шариковый подшипник, который установлен в упругой эластичной опоре. Для балансировки вала могут привариваться балансировочные пластины.

Задний карданный вал соединяется с передним при помощи жесткого карданного шарнира, состоящего из вилок. В проушины вилок вставлены шипы крестовины. На тщательно обработанных шипах крестовины устанавливаются стальные стаканы с игольчатыми подшипниками, уплотненные изнутри сальниками. Крестовина со стаканами закреплена в ушках вилок, крышками и стопорными пластинами. На стопорных пластинах имеются усики, которые после заворачивания болтов загибаются на головки болтов, предотвращая их самопроизвольное отворачивание. Вместо крышек и стопорных пластин крестовина и стаканы могут крепиться стопорными кольцами. На стопорных пластинах иногда выштамповывается напоминание «смазывать только маслом».

Для уменьшения износа игольчатые подшипники необходимо смазывать, и притом только жидкими маслами, так как консистентные смазки при остановке технического средства застывают, что затрудняет их подачу к подшипникам, а жидкие масла при движении технического средства нагнетаются центробежными силами в подшипники и смазывают их.

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 (до 14 %). 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, то есть с валом приводной машины. Известно также предохранительное устройство для карданного вала, содержащее защитный кожух, установленный коаксиально валу с возможностью осевого перемещения. Такое устройство снабжено отключающим механизмом, выполненным

в виде вала с наружными шлицами на концах, установленным 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 соприкасающихся деталей. Для устранения этого недостатка, создания безопасных условий эксплуатации технических средств, разработано и запатентовано предохранительное устройство для карданной передачи (рис. 8.1), 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.

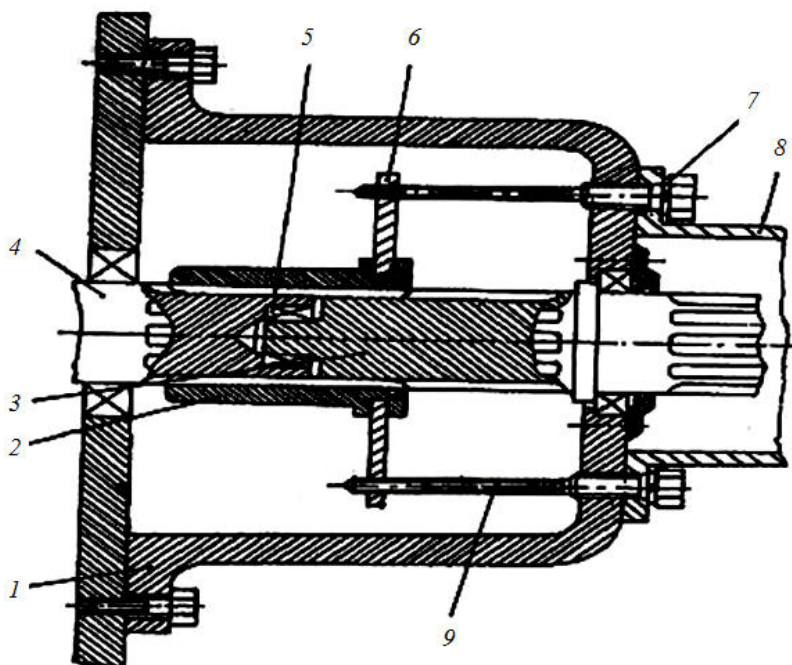


Рис. 8.1. Схема предохранительного устройства для карданного вала:
1 – корпус; 2 – втулка шлицевая; 3 – вал; 4 – вал шлицевой; 5 – подшипник;
6 – вилка; 7 – шайба; 8 – кожух защитный; 9 – болт

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 механизма 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 невращающегося 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.

Методика расчета защитных ограждений. Ограждения помимо ограничительных функций должны гарантировать безопасность работника в случае отлета из рабочей зоны разрушенных частей инструмента, сорвавшихся заготовок, деталей, элементов крепления. При расчете

сплошных ограждений из металла по действующей ударной нагрузке определяют толщину стенки ограждения.

Для вращающейся детали в случае ее разрыва на две части ударная нагрузка на ограждения ($P_{уд}$), Н, рассчитывается по формуле

$$P_{уд} = \frac{m_k v_{вр}^2}{2R_0}, \quad (8.1)$$

где m_k – масса круга или детали, кг; $v_{вр}$ – окружная скорость вращения, м/с;

R_0 – радиус центра тяжести половины детали, м.

Радиус центра тяжести, м, определяется из выражения

$$R_0 = \frac{4(R^3 - r^3)}{3\pi(R^2 - r^2)}, \quad (8.2)$$

где R – радиус внешней окружности детали, м;

r – радиус центрального отверстия детали, м.

Ударная (центробежная) сила (P), удара разорвавшегося ремня, цепи, детали части сломанного инструмента, Н, рассчитывается по формуле

$$P = \frac{mv^2}{r_1}, \quad (8.3)$$

где m – масса детали, кг;

v – скорость движения детали, м/с;

r_1 – радиус кривизны траектории отрыва детали, части, м.

Толщину стенки ограждения, изготавливаемого из листовой конструкционной стали, принимают по табл. 8.1.

Таблица 8.1

Толщина стенки ограждения в зависимости от ударной нагрузки

Ударная нагрузка, кН	Толщина стенки ограждения, мм	Ударная нагрузка, кН	Толщина стенки ограждения, мм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
4,91	1	73,5	10
8,33	2	80,36	11
14,6	3	96,04	12
17,15	4	102,9	13
25,67	5	115,64	14
31,16	6	139,16	15
39,69	7	159,74	16
47,04	8	188,16	17
61,74	9	205,8	18

Методика расчета предохранительных муфт. Муфты со срезным штифтом (рис. 8.2), отличающиеся компактностью и высокой точностью срабатывания, являются простейшими из предохранительных муфт. Их широкое применение сдерживается необходимостью замены срезного штифта при каждой перегрузке, поэтому такие муфты устанавливают в механизмах, по характеру работы которых перегрузки могут возникнуть лишь случайно.

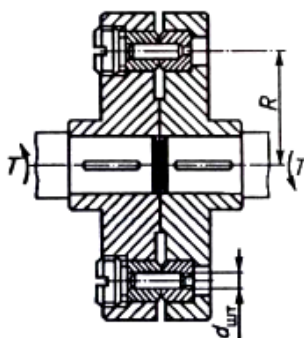


Рис. 8.2. Предохранительная муфта со срезным штифтом

Штифты обычно изготавливают из среднеуглеродистой стали 35, 40 или 45, реже – из закаленной стали, например, Ст.5. Для повышения

точности срабатывания их снабжают кольцевой канавкой в месте разрушения, которая также снижает опасность повреждения полумуфт.

Расчет муфт со срезным штифтом выполняют в такой последовательности:

- выполняют эскиз муфты и обозначают размеры;
- рассчитывают диаметр штифта, мм:

$$d_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{4T_p k_z}{z\pi R \tau_{\text{в.ср}}}} = 1,128 \sqrt{\frac{T_p k_z}{zR \tau_{\text{в.ср}}}}, \quad (8.4)$$

где T_p – расчетный крутящий момент, Нм;

K_z – коэффициент неравномерности распределения нагрузки между штифтами: при числе штифтов $z = 1k_z = 1$, при $z = 2k_z = 1,2$, а при $z = 3k_z = 1,3$

R – расстояние между осью передающих момент валов и осью штифта, м;

$\tau_{\text{в.ср}}$ – предел прочности на срез: для стали 35 нормализованной $\tau_{\text{в.ср}} = 405$ МПа, улучшенной – 487,5 МПа; для стали 40 улучшенной $\tau_{\text{в.ср}} = 525$ МПа; для стали 45 нормализованной $\tau_{\text{в.ср}} = 457,5$ МПа, улучшенной – 562,5 МПа; для закаленных штифтов из стали Ст.5 $\tau_{\text{в.ср}} = 420$ МПа.

При выборе числа штифтов следует учитывать, что муфты с одним штифтом имеют более высокую точность срабатывания, а установка нескольких штифтов позволяет взаимно компенсировать поперечные нагрузки, передаваемые на валы.

Обычно расчетный момент T_p принимают на 10 %...25 % выше предельного допускаемого момента $T_{\text{пр}}$:

$$T_p = (1,1 \dots 1,25) T_{\text{пр}}. \quad (8.5)$$

Пример расчета. Рассчитать предохранительную муфту с двумя срезными штифтами, предназначенную для передачи крутящего момента 90 Н·м. Диаметр окружности среза штифтов, выполненных из нормализованной стали 35, равен 0,1 м.

Решение. Расчетный момент (выражение 8.5):

$$T_p = 1,25 T_{пр} = 1,25 \cdot 90 = 112,5 \text{ (Н} \cdot \text{м)}. \quad (8.5)$$

Рассчитаем диаметр штифтов:

$$d_{шт} = 1,128 \sqrt{\frac{T_p k_z}{z R \tau_{в,ср}}} = 1,128 \sqrt{\frac{112,5 \cdot 1,2}{2 \cdot 0,05 \cdot 405}} = 2,06 \text{ (мм)}.$$

Для предохранения привода сельскохозяйственной машины с небольшой частотой вращения от поломок при передаче крутящего момента от 4 до 400 Н·м используются кулачковые муфты. На рис. 8.3 показана схема кулачковой муфты в момент срабатывания, когда кулачки 2 вывели по полушестерни 1 и 3 из зацепления. Сила сжатия F пружины 4, определяющая момент срабатывания муфты, создается предварительной деформацией пружины гайкой 6, которая фиксируется в отрегулированном положении контргайкой 7. Сидящая на шпонке втулка 5 не позволяет пружине закручиваться при ее сжатии гайкой 6.

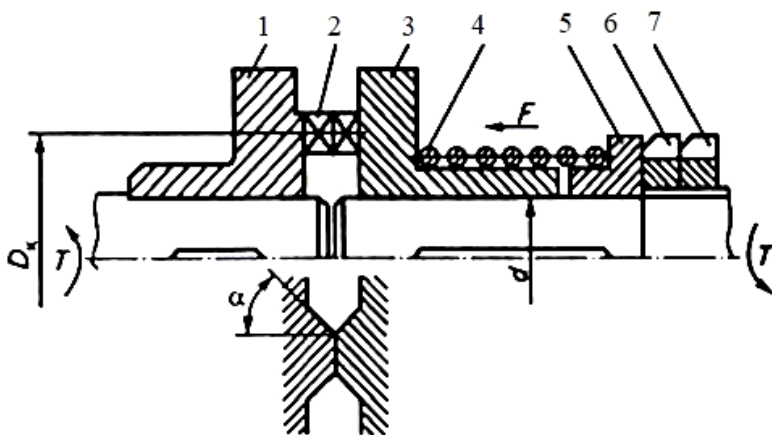


Рис. 8.3. Кулачковая предохранительная муфта

Кулачковые предохранительные муфты стандартизированы. Однако часто применяют нестандартизированные муфты. Их расчет выполняют в следующем порядке:

- выполняют эскиз муфты и обозначают размеры;
- рассчитывают условие выключения муфты при предельной нагрузке:

$$k_d \left[\operatorname{tg}(\alpha - \beta) - \frac{D_k}{d} f \right] \geq \operatorname{tg} \alpha, \quad (8.6)$$

где $k_d = 1 \dots 6$ – коэффициент динамичности привода, зависящий от типа приводного двигателя и назначения машины или механизма (табл. 8.2);

Таблица 8.2

Коэффициент динамической нагрузки k_d для различных машин

Наименование машин, механизмов	Значения k_d
<i>I</i>	<i>2</i>
Приводы с асинхронными двигателями	2,5...5
Главный привод токарных станков с асинхронным электродвигателем	1,8...4
Лебедки, строгальные и долбежные станки, скребковые транспортеры, прессы	1,5...2,5
Грузоподъемные машины:	
– механизмы подъема	1,2...2
– механизм передвижения	1,5...4
Вентиляторы	1,4...1,8
Мельницы, смесители	1,8...2,2
Кривошипно-ползунные, эксцентриковые механизмы	1,8...3
Электротранспорт	1,6...2,5

$\alpha = 45^\circ \dots 60^\circ$ – угол наклона боковой поверхности кулачка (чаще всего $\alpha = 45^\circ$);

$\beta = 2^\circ \dots 8^\circ$ – угол трения боковой поверхности кулачка: для предохранительных муфт сельскохозяйственных машин обычно $\beta = 6^\circ \dots 8^\circ$;

D_k – диаметр окружности точек приложения окружного усилия к кулачкам, м;

d – диаметр вала, м;

$f = 0,1 \dots 0,15$ – коэффициент трения в шпоночном или шлицевом соединении: при сухом трении чугуна по чугуну или по закаленной стали $f = 0,15$, при наличии смазочного материала для этих пар трения $f = 0,08$, для пары «закаленная сталь – закаленная сталь» при наличии смазочного материала $f = 0,06$;

– определяют силу предварительного сжатия пружины муфты:

$$F = \frac{2T}{D_k} \left[\operatorname{tg}(\alpha - \beta) - \frac{D_k}{d} f \right], \quad (8.7)$$

где T – номинальный крутящий момент при установившемся режиме работы привода, Н·м;

– определяют силу сжатия пружины при срабатывании муфты:

$$F_c = \frac{2T_p}{D_k} \left[\operatorname{tg}(\alpha - \beta) - \frac{D_k}{d} f \right] = k_d F, \quad (8.8)$$

где T_p – расчетный момент срабатывания муфты, Н·м: $T_p = k_d T$.

Пример расчета. Рассчитать параметры безопасности кулачковой предохранительной муфты сельскохозяйственной машины для передачи крутящего момента 300 Н·м. Диаметр вала $d = 0,03$ м, диаметр окружности точек приложения окружного усилия к кулачкам $D_k = 0,07$ м, коэффициент трения в шлицевом соединении $f = 0,15$, угол трения боковой поверхности кулачка $\beta = 7^\circ$.

Решение. Проверим условие выключения муфты при предельной нагрузке:

$$k_d \left[\operatorname{tg}(\alpha - \beta) - \frac{D_k}{d} f \right] = 2,5 \left[\operatorname{tg}(45^\circ - 7^\circ) - \frac{0,07}{0,03} 0,15 \right] \geq \operatorname{tg} 45^\circ.$$

Так как $1,08 > 1$, условие выключения муфты при предельной нагрузке выполняется.

Сила предварительного сжатия пружины муфты:

$$F = \frac{2T}{D_k} \left[\operatorname{tg}(\alpha - \beta) - \frac{D_k}{d} f \right] = \frac{2 \cdot 300}{0,07} \left[\operatorname{tg}(45^\circ - 7^\circ) - \frac{0,07}{0,03} 0,15 \right] = 3696,7 \text{ (Н)}.$$

Сила сжатия пружины при срабатывании муфты:

$$F_c = k_d F = 2,5 \cdot 3696,7 = 9241,8 \text{ (Н)}.$$

Правильно рассчитанные параметры безопасности муфт обеспечивают их включение при предельной нагрузке.

Практическая часть работы

1. Выполнить согласно варианту задания (табл. 8.3) расчет толщины стенки защитного ограждения.

Таблица 8.3

Исходные данные для расчета защитного ограждения

Номер варианта задания	Исходные данные			
	масса детали (m_k), кг	окружная скорость вращения ($v_{вр}$), м/с	радиус внешней окружности детали (R), м	радиус центрального отверстия детали (r), м
1	2	3	4	5
1	1,5	20	0,05	0,010
2	1,8	18	0,06	0,015

Номер варианта задания	Исходные данные			
	масса детали (m_k), кг	окружная скорость вращения ($v_{вр}$), м/с	радиус внешней окружности детали (R), м	радиус цен- трального отверстия детали (r), м
3	2,0	16	0,08	0,011
4	2,3	14	0,10	0,012
5	2,5	12	0,04	0,013
6	2,8	10	0,07	0,014
7	1,6	11	0,09	0,010
8	1,9	13	0,11	0,012
9	2,1	15	0,12	0,014
10	2,4	17	0,08	0,013
11	2,7	19	0,05	0,009
12	1,3	21	0,06	0,010
13	1,1	23	0,07	0,014
14	0,9	25	0,11	0,016
15	1,4	14	0,09	0,018
16	1,6	11	0,10	0,011
17	2,0	9	0,09	0,013
18	2,5	16	0,12	0,012
19	3,0	20	0,05	0,010
20	2,7	15	0,07	0,015
21	2,3	17	0,09	0,013
22	1,9	26	0,04	0,016
23	1,8	21	0,07	0,018
24	1,4	19	0,09	0,011
25	0,8	12	0,10	0,012

2. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Дать определение карданной передаче.
2. Какие основные элементы включает карданная передача?
3. Привести пример и пояснить принцип действия предохранительного устройства для карданного вала.

4. Порядок расчета сплошного ограждения по действующей ударной нагрузке.
5. Расчет ударной (цетробежной) силы, которой обладает деталь при освобождении зажимного устройства.
6. Как обосновывается толщина стенки ограждения в зависимости от ударной нагрузки?
7. Расчет предохранительной муфты со срезным штифтом.
8. Порядок расчета кулачковой предохранительной муфты.
9. Условие выключения кулачковой предохранительной муфты при предельной нагрузке.
10. Расчет силы сжатия пружины при срабатывании кулачковой предохранительной муфты.

Список использованной литературы

1. Мисун, Л.В. Техносферная безопасность : пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2023. – 212 с.
2. Курдюмов, В. И. Безопасность жизнедеятельности: проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. – М. : Юрайт, 2018. – 221 с.
3. Патент ВУ 16179, МПК F 16P 1/02 (2006.01). Предохранительное устройство для карданного вала: №a20100171: заявлено 08.02.2010: опубл. 30.08.2012 / Мисун Л. В., Мисун А. Л., Агейчик В. А.; заявитель Белорус. гос. агр. техн. ун-т. – 5 с.

Практическая работа № 9

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ГРЯЗЕСБОРНИКА И ОТСТОЙНИКА ПОСТА НАРУЖНОЙ МОЙКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Цель работы: получить навыки расчета параметров грязесборника и отстойника поста наружной мойки сельскохозяйственной техники.

Задание и порядок выполнения работы: изучить методику и выполнить расчет параметров грязесборника и отстойника поста наружной мойки сельскохозяйственной техники; ответить на контрольные вопросы.

Общие положения

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 (ЗВ) отличаются и сточные воды животноводческих комплексов.

Ингредиенты сточных вод после мойки машинно-тракторных агрегатов (МТА) и других передвижных источников (ПИ) 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 не отделимые при безреагентном отстаивании. Фактором, обуславливающим процесс разделения эмульсий, является наличие эмульгаторов, которые можно разделить на поверхностно-активные, растворимые, нерастворимые (твердые эмульгаторы). 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 оседать, 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. 9.1–9.2.

Таблица 9.1

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
Тетраэтилсвинец, мг/л	—	—	0,0001
Ядохимикаты, мг/л	0,002; 0,500	—	—
Поверхностно- активные вещества, мг/л	Анионактивные — 0,05; 0,50; неионогенные — 0,05; 0,11	20 20	Не нормируются Не нормируются
Реакция воды, pH	6,5–8,5	6,5–8,5	7,1–8,5

Таблица 9.2

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

Показатели	Допустимые уровни
Взвешенные вещества, мг/л	3,0
Биохимическое потребление кислорода. Химическое потребление кислорода БПК ₅ , мг/л	5,0
ХПК, мг/л	50,0
Коли-индекс	1000

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 БПК, которое выражается количеством кислорода (O_2), использованного в биохимических (при помощи бактерий) процессах окисления органических веществ за определенное время инкубации пробы. Пользуются или пятисуточной ($БПК_5$), или полной ($БПК_{\text{п}}$) 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 десятикратное разбавление стоков чистой водой. Согласно расчетам, на обеззараживание сточных вод в настоящее время расходуется одна седьмая часть мировых ресурсов речного стока. Если сброс сточных вод будет возрастать, то в ближайшее десятилетие для этой цели потребуются 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 увеличивающихся объемах поступают в гидросферу из всех названных источников, но особенно из стоков сельскохозяйственного производства.

Методика расчета параметров очистных сооружений (грязесборника, отстойника) оборотной системы водоснабжения поста наружной мойки сельскохозяйственной техники.

Расчет грязесборника. Определяется среднесуточное количество образующегося осадка ($P_{\text{в.в.}}$):

$$P_{\text{в.в.}} = C_{\text{о в.в.}} \cdot Q_{\text{сут}} \cdot \Xi \cdot R_{\text{о}} \cdot 10^{-6}, \text{ т/сут}, \quad (9.1)$$

где $Q_{\text{сут}}$ – среднесуточный объем сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут.}$;

Ξ – эффект удаления взвешенных веществ в грязесборнике ($\Xi = 60\% \dots 80\%$);

R_o – коэффициент запаса, учитывающий объемы грязевых отложений, оставшихся на моечной площадке и смываемых в конце рабочей смены $R_o \leq 1,5$;

$C_{\text{ов.в.}}$ – расчетная концентрация взвешенных веществ, мг/л ;

– рассчитывается среднесуточный объем улавливаемого осадка ($V_{\text{ос}}$):

$$V_{\text{ос}} = \frac{P_{\text{в.в.}} \cdot 100}{(100 - W_{\text{ос}}) \beta}, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (9.2)$$

где $W_{\text{ос}}$ – влажность осадка, %;

β – плотность осадка, т/м^3 ;

– определяется расчетный объем осадочной части грязесборника ($V_{\text{ос г.}}$):

$$V_{\text{ос г.}} = n_{\text{ог}} \cdot V_{\text{ос}}, \text{ м}^3, \quad (9.3)$$

где $n_{\text{ог}}$ – периодичность удаления осадка из грязесборника в днях ($n_{\text{ог}} = 50 \dots 60$ дней).

При очистке грязесборника экскаватором, ширину (B) и глубину (H) грязесборника рекомендуется принимать в соответствии с конструктивными параметрами ковша экскаватора. Тогда длина грязесборника (L_r) определяется из выражения

$$L_r = \frac{V_{\text{ос г.}}}{B \cdot H}, \text{ м.} \quad (9.4)$$

Пример расчета. Определить основные параметры грязесборника, если среднесуточный расход сточных вод $15 \text{ м}^3/\text{сут.}$, расчетное

значение начальной концентрации взвешенных веществ ($C_{o_{BB}}$) – 14 800 мг/л, возможность осадка – 54 %, а периодичность удаления осадка из грязесборника 30 дней, ширина (В) и глубина (Н) ковша экскаватора соответственно один и два метра.

Среднесуточное количество образующегося осадка:

$$P_{B.B} = C_{o_{BB}} \cdot Q_{\text{сут}} \cdot \Xi \cdot R_0 \cdot 10^{-6} = 14800 \cdot 15 \cdot 0,71 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} = 0,236 \text{ (т/сут)}.$$

Среднесуточный объем улавливаемого осадка:

$$V_{\text{ос}} = \frac{P_{B.B} \cdot 100}{(100 - W_{\text{ос}}) \rho} = \frac{0,236 \cdot 100}{(100 - 54) \cdot 1,5} = 0,342 \text{ (м}^3/\text{сут)}.$$

Объем осадочной части грязесборника:

$$V_{\text{ос. п}} = n_{\text{оч}} \cdot V_{\text{ос}} = 30 \cdot 0,342 = 10,3 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Согласно конструкции ковша экскаватора $B = 1$ м, $H = 2$ м. С учетом этого длина грязесборника составит

$$L_T = \frac{V_{\text{ос. г.}}}{B \cdot H} = \frac{10,3}{1 \cdot 2} = 5,1 \text{ (м)}. \text{ Принимаем } L_T = 5 \text{ м}.$$

Расчет параметров отстойника

Рассчитывается продолжительность отстаивания воды в отстойнике (T):

$$T = \alpha \cdot t \cdot \left(\frac{H_{\text{пр}}}{h} \right)^n, \text{ ч} \quad (9.5)$$

где t – продолжительность отстаивания воды в цилиндре h , соответствующая заданному эффекту очистки, ч;

α – коэффициент, учитывающий влияние изменения температуры воды на скорость осаждения взвешенных веществ ($\alpha = 1,3 \dots 1,5$);

$H_{\text{пр.}}$ – расчетная глубина проточной части отстойника (принимается конструктивно; $H_{\text{пр.}} = 1 \dots 2$ м);

h – высота осаждения в седиментационном цилиндре диаметром 150 мм ($h = 0,5$ м);

n – показатель степени, учитывающий агломерацию частиц взвеси при осаждении (для коагулированной взвеси $n = 0,4$, для некоагулированной $n = 1$),

рассчитывается объем отстойника (V_o):

$$V_o = Q_{\text{ч}} \cdot T, \text{ м}^3, \quad (9.6)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – расчетный часовой расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$;

– рассчитывается длина отстойника (L_o):

$$L_o = \frac{V_o}{B \cdot H_{\text{пр}}}, \text{ м}; \quad (9.7)$$

– рассчитывается средняя скорость протока воды в отстойнике ($V_{\text{ср}}$):

$$V_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{ч}}}{B_o \cdot H_{\text{пр}}}, \text{ мм/с}, \quad (9.8)$$

где B_o – ширина отстойника, м;

– определяется эффект очистки стоков (%) в отстойнике ($\mathcal{E}$):

$$\mathcal{E} = \frac{100 (C_1 - C_2)}{C_1}, \quad (9.9)$$

где C_1 и C_2 – соответственно концентрации загрязнений на входе и выходе из отстойника, мг/л .

- рассчитывается количество выпавшего осадка ($P_{\text{в.в.}}$) и его объем ($V_{\text{ос}}$) (формулы 9.1–9.2);
- определяется объем осадочной части отстойника (V_o):

$$V_o = L_o \cdot B_o \cdot H_{\text{ос}}, \text{ м}^3, \quad (9.10)$$

где $H_{\text{ос}}$ – высота осадочной части отстойника, м

- определяется периодичность очистки отстойника (n_o):

$$n_o = \frac{V_{\text{ос}}}{V_o}, \text{ сут.} \quad (9.11)$$

Пример расчета. Определить параметры отстойника поста наружной мойки сельскохозяйственной техники, если продолжительность отстаивания воды (t) 0,5 ч, коэффициент α равен 1,4, расчетная глубина проточной части отстойника ($H_{\text{пр}}$) – 0,5 м. Концентрация загрязнений на входе (C_1) и выходе (C_2) из отстойника соответственно 4292 мг/л и 483 мг/л. Показатель агломерации частиц взвеси (n) равен единице, высота осадочной части отстойника ($H_{\text{ос}}$) – 0,8 м, а его ширина (B_o) составляет два метра. Высота осаждения частиц (h) = 0,5 м, часовой объем сточных вод 5 м³/ч.

Продолжительность отстаивания воды в отстойнике:

$$T = \alpha t \left(\frac{H_{\text{пр}}}{h} \right)^n = 1,4 \cdot 0,5 \left(\frac{1,5}{0,5} \right)^1 = 2,1 \text{ (ч)}.$$

Объем отстойника:

$$V_o = Q \cdot T = 5 \cdot 2,1 = 10,5 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Длина отстойника $L_o = V_o / B_o \cdot H_{\text{пр}} = 3,5$ м. Принимаем $L_o = 4$ м.

Средняя скорость потока воды в отстойнике:

$$V_{\text{ср}} = \frac{Q}{B \cdot H_{\text{пр}}} = \frac{2}{2 \cdot 1,5} = 0,46 \text{ (мм/с)}.$$

Эффект очистки стоков в отстойнике:

$$\Theta = \frac{100 (C_1 - C_2)}{C_1} = \frac{100(4292 - 483)}{4292} = 88 (\%).$$

Количество выпавшего осадка и его объем:

$$P_o = \frac{4292 \cdot 0,88 \cdot 15 \cdot 1,5}{1000 \cdot 1000} = 0,057 \text{ (т/сут.)};$$

$$V_o = \frac{0,057 \cdot 100}{(100 - 54) \cdot 1,5} = 0,095 \text{ (м}^3\text{/сут.)}.$$

Объем осадочной части отстойника:

$$V_o = L_o \cdot B_o \cdot H_{oc} = 4 \cdot 2 \cdot 0,8 = 6,4 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Периодичность очистки отстойника:

$$n_o = \frac{V_{oc}}{V_o} = \frac{6,4}{0,095} = 67 \text{ (сут.)}.$$

Методика расчета ущерба от загрязнения водных объектов взвешенными веществами:

– рассчитывается масса сброшенных взвешенных веществ ($P_{взв.}$) (формула 9.12):

$$P_{взв.} = V_i \cdot (K_{i\phi} - K_{i\lambda}) \cdot 10^{-6}, \quad (9.12)$$

где $P_{взв.}$ – масса сброшенного i -го ЗВ, учитываемого при подсчете убытков, т;

i – вид ЗВ;

V_i – объем сточных вод с превышенным содержанием i -го ЗВ, м³;

$K_{i\phi}$ – средняя за период сброса концентрация i -го ЗВ, мг/л (г/м³);

$K_{ид}$ – допустимая концентрация i -го ЗВ, мг/л (г/ м³);

– определяется величина убытков от загрязнения водных объектов взвешенными веществами с учетом категории водного объекта (формулы 9.13– 9.14):

$$Y^3_{взв.} = Z^3_{взв.} \cdot K_{кат.}, \quad (9.13)$$

$$Y^y_{взв.} = Z^y_{взв.} \cdot K_{кат.}, \quad (9.14)$$

где $Y^3_{взв.}$ и $Y^y_{взв.}$ – величина убытков от загрязнения водных объектов соответственно при залповом и установившемся сбросе взвешенных веществ с учетом категории водного объекта (табл. 9.3), тыс. у. е.;

Таблица 9.3

Значение коэффициента ($K_{кат.}$), учитывающего категорию водного объекта

Категория водного объекта	$K_{кат.}$
Поверхностные водоемы и водотоки, используемые для рыбохозяйственных целей, централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, а также водоснабжения пищевых предприятий	1,1
Другие водные объекты	0,8

$Z^3_{взв.}$ и $Z^y_{взв.}$ – величина убытков от загрязнения водных объектов соответственно при залповом и установившемся сбросе взвешенных веществ, тыс. у. е.

Значения $Z^3_{взв.}$ и $Z^y_{взв.}$ принимаются соответственно по табл. 9.4 и 9.5 в зависимости от массы сброшенных веществ $P_{взв.}$.

При значении $P_{взв.} < 0,10$ т величину убытков следует определять по формуле

$$Z^3_{взв.} = 78,9 \cdot P_{взв.}, \text{ тыс. у. е.}$$

Таблица 9.4

Значение величины убытков от загрязнения водных объектов при залповом сбросе взвешенных веществ ($Z_{\text{взв.}}^3$)*

$P_{\text{взв.}}, \text{ т}$	$Z_{\text{взв.}}^3, \text{ тыс. у. е.}$	$P_{\text{взв.}}, \text{ т}$	$Z_{\text{взв.}}^3, \text{ тыс. у. е.}$
1	2	1	2
0,10	7,89	0,90	26,44
0,11	8,28	1,00	28,02
0,13	9,08	1,10	29,53
0,16	10,19	1,30	32,39
0,20	11,52	1,60	36,32
0,25	13,03	2,00	41,08
0,30	14,41	2,50	46,47
0,35	15,69	3,00	51,39
0,40	16,89	3,50	55,95
0,50	19,11	4,00	62,53
0,60	21,13	5,00	75,30
0,75	23,90	6,00	87,65

* Для определения промежуточных значений $Z_{\text{взв.}}^3$, не вошедших в таблицу, рекомендуется применять интерполяцию между ближайшими значениями $Z_{\text{взв.}}^3$.

Таблица 9.5

Значение величины убытков от загрязнения водных объектов при установившемся сбросе взвешенных веществ ($Z_{\text{взв.}}^y$)**

$P_{\text{взв.}}, \text{ т}$	$Z_{\text{взв.}}^y, \text{ тыс. у. е.}$	$P_{\text{взв.}}, \text{ т}$	$Z_{\text{взв.}}^y, \text{ тыс. у. е.}$
1	2	1	2
0,10	0,76	0,90	2,32
0,11	0,80	1,00	2,45
0,13	0,87	1,10	2,57
0,16	0,97	1,30	2,80
0,20	1,08	1,60	3,11
0,25	1,21	2,00	3,48
0,30	1,33	2,50	3,91

$P_{\text{взв.}}, \text{ т}$	$Z_{\text{взв.}}^y, \text{ тыс. у. е.}$	$P_{\text{взв.}}, \text{ т}$	$Z_{\text{взв.}}^3, \text{ тыс. у. е.}$
0,35	1,44	3,00	4,28
0,40	1,54	3,50	4,63
0,50	1,72	4,00	4,93
0,60	1,89	5,00	5,55
0,75	0,76	6,00	6,09

** – Для определения промежуточных значений $Z_{\text{взв.}}^y$, не вошедших в таблицу, рекомендуется применять интерполяцию между ближайшими значениями $Z_{\text{взв.}}^y$.

При значении $P_{\text{взв.}} < 0,10 \text{ т}$ величину убытков следует определять по формуле

$$Z_{\text{взв.}}^y = 7,6 \cdot P_{\text{взв.}}, \text{ тыс. у. е.}$$

Пример расчета. Установлено, что в агрохозяйстве неэффективно работают сооружения очистки сточных вод с поста мойки сельскохозяйственной техники, в результате чего окружающая среда загрязняется. Концентрация взвешенных веществ в сточных водах – $C_{\text{факт.}}^{\text{взв.}} = 30 \text{ кг/л}$ ($C_{\text{доп.}}^{\text{взв.}} = 10 \text{ кг/л.}$). Сброс установившийся. Нарушение условий сброса происходило в течение 45 суток. Расход сточных вод, содержащих взвешенные вещества, равен $15 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Требуется определить величину причиненных убытков. Категория водного объекта $K_{\text{кат}} = 0,8$.

Определяем (формула 9.12) массу сброшенных в водоем взвешенных веществ:

$$P_{\text{взв.}} = 675 \cdot (30-10) \cdot 10^{-6} = 0,013 \text{ (т)}.$$

Согласно табл. 9.5, при $P_{\text{взв.}} < 0,010 \text{ т}$, значение $Z_{\text{взв.}}^y$ принимается 0,76 тыс. у. е. Тогда, с учетом категории водного объекта, величина убытков $Y_{\text{взв.}}^y = 0,61 \text{ тыс. у. е.}$

Методика расчета ущерба от загрязнения водных объектов нефтепродуктами. Масса сброшенных нефтепродуктов ($P_{\text{н}}$) определяется по формуле (9.12). Величина убытков от загрязнения водных

объектов нефтепродуктами с учетом категории водного объекта рассчитывается по формулам 9.15–9.16.

$$Y_H^3 = Z_H^3 \cdot K_{\text{кат.}} \cdot K_{\text{сн}} , \quad (9.15)$$

$$Y_H^y = Z_H^y \cdot K_{\text{кат.}} \cdot K_{\text{сн}} , \quad (9.16)$$

где Y_H^3 и Y_H^y – величины убытков от загрязнения водных объектов соответственно при залповом и установившемся сбросе нефтепродуктов с учетом категории водного объекта, тыс. у. е.;

Z_H^3 и Z_H^y – величины убытков от загрязнения водных объектов соответственно при залповом и установившемся сбросе нефтепродуктов, тыс. у. е.;

$K_{\text{сн}}$ – коэффициент снижения величины убытка при принятии мер по ликвидации последствий загрязнения (табл. 9.8).

Значения Z_H^3 и Z_H^y принимаются соответственно по таблицам 9.6 и 9.7.

Таблица 9.6

Значение величины убытков от загрязнения водных объектов
при залповом сбросе нефтепродуктов (Z_H^3)***

$P_{\text{н, т}}$	Z_H^3 , тыс. у.е.	$P_{\text{н, т}}$	Z_H^3 , тыс. у.е.	$P_{\text{н, т}}$	Z_H^3 , тыс. у.е.
1	2	1	2	3	4
0,10	19,67	0,40	42,47	1,60	92,06
0,11	20,81	0,50	47,69	2,00	103,08
0,13	22,33	0,60	52,25	2,50	116,85
0,16	25,65	0,75	58,62	3,00	133,00
0,20	28,50	0,90	65,74	3,50	143,97
0,25	32,21	1,00	70,30	4,00	157,70
0,30	36,10	1,10	73,91	5,00	183,35
0,35	38,67	1,30	82,75	6,00	209,95

Таблица 9.7

Значение величины убытков от загрязнения водных объектов
при установившемся сбросе нефтепродуктов ($З_n^y$)

$P_n, \text{ т}$	$З_n^y, \text{ тыс. у.е.}$	$P_n, \text{ т}$	$З_n^y, \text{ тыс. у.е.}$	$P_n, \text{ т}$	$З_n^y, \text{ тыс. у.е.}$
1	2	1	2	3	4
0,10	2,66	0,40	4,09	2,00	8,70
0,11	2,74	0,50	4,39	2,50	9,75
0,13	2,89	0,75	5,29	3,00	10,69
0,16	3,08	0,90	5,80	3,50	11,58
0,20	3,30	1,00	6,12	4,00	12,36
0,25	3,53	1,00	6,42	5,00	13,84
0,30	3,74	1,30	6,97	6,00	15,18
0,35	3,93	1,60	7,77	—	—

Пример расчета. На котельной мотороремонтного предприятия в результате плохой эксплуатации мазутных емкостей произведен аварийный (залповый) сброс нефтепродуктов в водный объект ($K_{\text{кат}} = 0,8$), в объеме одной тонны. Определить величину причиненного государству убытка, если на ликвидацию последствий загрязнения водного объекта потребовалось 20 часов. По таблице 9.6 находим, что величина убытков $З_n^3 = 70,30$ тыс. у. е. Тогда $У_n^3$ равна

$$У_n^3 = 70,3 \cdot 0,8 \cdot 0,463 = 26,04 \text{ (тыс. у. е.)}.$$

Примечание *** При значении $P_n < 0,10$ т величина убытков ($З_n^3$) определяется по формуле

$$З_n^3 = 196,7 \cdot P_n \cdot K_{\text{сн}}, \text{ тыс. у. е.}$$

Примечание**** При значении $P_n < 0,10$ т величину убытков ($З_n^y$) рекомендуется определять по формуле

$$З_n^y = 26,6 \cdot P_n \cdot K_{\text{сн}}, \text{ тыс. у. е.}$$

Таблица 9.8

Снижение величины убытков в случае принятия мер по ликвидации последствий загрязнения водных объектов, в зависимости от времени проведения этих работ

Время ликвидации загрязнения, (*****) ч	Коэффициент снижения величины убытков, $K_{\text{сн}}$
До 6 включительно	0,800
более 6 до 12 включительно	0,650
—“““— 12 до 18 —“““—	0,500
—“““— 18 до 24 —“““—	0,463
—“““— 24 до 30 —“““—	0,434
—“““— 30 до 36 —“““—	0,412
—“““— 36 до 48 —“““—	0,368
—“““— 48 до 60 —“““—	0,364
—“““— 60 до 72 —“““—	0,346
—“““— 72 до 84 —“““—	0,331
—“““— 84 до 96 —“““—	0,320
—“““— 96 до 108 —“““—	0,310
—“““— 108 до 120 —“““—	0,301
—“““— 120 до 132 —“““—	0,293
—“““— 132 до 144 —“““—	0,287
—“““— 144 до 156 —“““—	0,280
—“““— 156 до 168 —“““—	0,275
—“““— 168 до 180 —“““—	0,270
—“““— 180 до 192 —“““—	0,266
—“““— 192 до 204 —“““—	0,262
—“““— 204 до 216 —“““—	0,258
—“““— 216 до 228 —“““—	0,254
—“““— 228 до 240 —“““—	0,250

Примечание ***** Время ликвидации загрязнения вод (t) рассчитывается как разница между временем, прошедшим с момента окончания сброса, и временем окончания ликвидации загрязнения вод.

Практическая часть работы

1. Выполнить согласно варианту задания (табл 9.9) расчет параметров грязесборника и отстойника поста наружной мойки сельскохозяйственной техники.

Таблица 9.9

Исходные данные для расчета параметров грязесборника или отстойника поста наружной мойки сельскохозяйственной техники

Номер В-та задания	Значение показателей																
	грязесборника							отстойника									
	$C_{0\text{вв}},$ мг/л	$Q_{\text{сут.}},$ м ³ /сут	$\Delta,$ %	R_0	$W_{\text{ос}},$ %	$B,$ м	$H,$ м	$t,$ ч	α	$H_{\text{пр.}},$ м	$h,$ м	n	$Q_{\text{ис}},$ м ³ /ч	$B_0,$ м	$C_1,$ мг/л	$C_2,$ мг/л	$H_{\text{ос}},$ м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	8500	10	60	1,4	56	1,0	2,0	0,9	1,30	1,0	0,5	0,4	3	2,0	4000	400	0,8
2	9400	12	70	1,0	60	0,9	1,9	0,5	1,33	1,1	0,4	1,0	2	1,8	3800	380	0,9
3	10300	8	80	1,5	51	0,7	2,1	0,8	1,35	1,2	0,7	1,0	4	2,2	3000	300	1,0
4	11500	14	50	0,9	4,9	1,2	1,7	0,6	1,37	1,3	0,4	1,0	5	2,0	3200	320	0,7
5	12400	6	80	1,1	70	1,0	2,2	0,7	1,50	1,4	0,5	0,4	3	1,9	3400	340	0,9
6	13100	16	65	1,3	59	0,6	2,0	1,0	1,49	2,0	0,6	0,4	3	1,7	3600	360	1,1
7	14600	9	75	0,5	63	0,7	1,9	0,4	1,47	1,9	0,7	0,4	4	2,1	4400	440	1,3
8	7300	15	64	0,8	48	0,8	1,8	0,5	1,39	1,8	0,4	1,0	5	2,0	4100	410	0,7
9	8450	11	72	0,7	50	0,9	1,7	0,3	1,38	1,7	0,5	0,4	2	1,7	3900	390	0,8
10	9650	7	68	1,4	55	1,0	2,2	0,8	1,31	1,6	0,7	0,4	1	1,8	2900	290	0,9
11	10740	17	74	1,0	57	1,0	2,1	0,7	1,37	1,5	0,6	1,0	4	2,1	2500	250	1,0
12	12830	12	61	1,2	54	0,9	2,0	0,5	1,49	1,0	0,4	1,0	5	2,2	2700	270	1,2
13	13320	5	73	0,9	51	0,8	1,9	1,6	1,50	1,6	0,5	1,0	6	2,0	4100	410	1,0
14	9150	18	79	0,4	64	0,7	1,8	1,2	1,30	1,8	0,6	0,4	5	1,9	4400	440	0,7
15	15000	11	80	0,3	67	0,6	2,3	1,4	1,33	2,0	0,5	0,4	4	1,7	2900	290	0,9

Номер В-та задания	Значение показателей																
	грязеборника							отстойника									
	$C_{O_{BBS}}$ мг/л	$Q_{\text{сут.}}$ м³/сут	ϑ , %	R_0	$W_{\text{ос}}$ %	B , м	H , м	t , ч	α	$H_{\text{пр.}}$ м	h , м	n	$Q_{\text{ис}}$ м³/ч	$B_{\text{ос}}$ м	C_1 , мг/л	C_2 , мг/л	$H_{\text{ос}}$, м
16	12200	13	66	0,9	60	1,0	2,2	1,0	1,36	1,3	0,6	0,4	3	1,6	5000	500	0,8
17	13450	8	60	1,5	58	1,1	2,1	0,8	1,38	1,5	0,4	1,0	2	1,8	4300	430	1,0
18	16100	6	75	1,2	56	1,2	2,0	0,4	1,42	1,7	0,7	0,4	1	2,1	4800	480	0,9
19	14000	19	79	1,0	49	0,9	2,0	0,6	1,48	1,9	0,5	0,4	6	1,9	4000	400	0,7
20	10250	11	80	0,7	51	0,8	1,9	0,5	1,46	2,0	0,8	1,0	4	2,2	3900	390	0,6
21	12100	15	64	1,1	63	0,7	1,8	0,7	1,40	1,8	0,6	1,0	2	2,0	2800	280	0,9
22	11800	17	77	1,4	60	1,0	2,0	0,9	1,31	1,6	0,5	0,4	5	1,8	5000	500	1,0
23	12200	15	66	1,2	55	1,0	2,2	1,1	1,41	1,4	0,6	0,4	3	1,6	4000	400	0,8
24	10450	10	76	1,0	51	0,6	2,3	1,0	1,45	1,2	0,5	1,0	1	2,1	3000	300	1,1
25	11330	12	71	1,5	49	0,9	2,0	0,5	1,42	1,0	0,5	1,0	5	2,0	2000	200	0,9

2. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Ингредиенты сточных вод после мойки сельскохозяйственной техники.

2. Поверхностно-активные вещества. Функциональное назначение.

3. Токсичные и инфицированные ингредиенты сточных вод после мойки сельскохозяйственной техники.

4. Классификация сточных вод.

5. Санитарные требования к качественному составу сточных вод с постов наружной мойки сельскохозяйственной техники.

6. Как рассчитывается среднесуточное количество образующегося осадка в грязесборнике?

7. Как рассчитывается среднесуточный объем улавливаемого осадка в грязесборнике?

8. Как рассчитывается продолжительность отстаивания воды, осаждения взвешенных частиц в отстойнике?

9. Как обосновывается длина отстойника?

10. Как определяется эффект очистки стоков в отстойнике?

11. Как определяется ущерб от загрязнения водных объектов взвешенными веществами при залповом и установившемся их сбросе?

12. Как определяется ущерб от загрязнения водных объектов нефтепродуктами при залповом и установившемся их сбросе?

Список использованной литературы

1. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность : пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2023. – 212 с.

2. Мисун, Л. В. Экологическая безопасность на объектах АПК : пособие / Л. В. Мисун, И. Н. Мисун, А. Н. Гурина. – Минск : БГАТУ, 2012. – 216 с.

Учебное издание

Мисун Леонид Владимирович,
Мисун Алексей Леонидович,
Мисун Александр Леонидович

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *В. Г. Андруш*
Редактор *Г. В. Анисимова*
Корректор *Г. В. Анисимова*
Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского*
Дизайн обложки *Д. О. Михеевой*

Подписано в печать 10.04.2025. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 8,13. Уч.-изд. л. 6,36. Тираж 99 экз. Заказ 177.

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.