

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Т. П. Кот, О. В. Абметко**

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В АПК.**

**ПРАКТИКУМ**

*Допущено Министерством образования  
Республики Беларусь в качестве учебного пособия  
для студентов учреждений высшего образования  
по группе специальностей «Агроинженерия»*

**В двух частях**

**Часть 2**

Минск  
БГАТУ  
2018

УДК 658.345(07)  
ББК 20.18я7  
К73

Рецензенты:

кафедра инженерной психологии и эргономики  
Белорусского государственного университета информатики  
и радиоэлектроники (кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой *К. Д. Яшин*);  
кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального  
директора по научной работе РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства» *Н. Г. Бакач*

**Производственная безопасность в АПК. Практикум : учебное**  
К73 пособие : в 2 ч. / Т. П. Кот, О. В. Аметко. – Минск : БГАТУ, 2018.  
– Ч. 2. – 328 с.  
ISBN 978-985-519-909-1 (ч. 2).

Приведены описания практических работ, краткие теоретические сведения, методика расчетов по темам курса «Производственная безопасность, задания для самостоятельной работы, контрольные вопросы».

Для студентов учреждений высшего образования по группе специальностей «Агроинженерия»

УДК 658.345(07)  
ББК 20.18я7

ISBN 978-985-519-909-1 (ч. 2)  
ISBN 978-985-519-890-2

© БГАТУ, 2018

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Практическое занятие № 1 РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	6
Практическое занятие № 2 РАСЧЕТ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОСТАНОВОЧНОГО ПУТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И АГРЕГАТОВ.....	19
Практическое занятие № 3 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН.....	25
Практическое занятие № 4 АНАЛИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ПО КРИТЕРИЯМ БЕЗОПАСНОСТИ.....	36
Практическое занятие № 5 РАСЧЕТ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРОВ САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН.....	58
Практическое занятие № 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛЕВЫХ РАБОТ ПРИ ВНЕСЕНИИ ПЕСТИЦИДОВ. ДОВРАЧЕБНАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ОТРАВЛЕНИИ ПЕСТИЦИДАМИ.....	69
Практическое занятие № 7 РАСЧЕТ ВЗРЫВОРАЗРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ.....	88
Практическое занятие № 8 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК.....	112
Практическое занятие № 9 БЕЗОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ.....	140
Практическое занятие № 10 ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ ГРУНТА И ПРОИЗВОДСТВЕ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ.....	185

Практическое занятие № 11	
РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЕМКОСТЕЙ И СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ БЕЗОПАСНОСТЬ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	204
Практическое занятие № 12	
РАСЧЕТ ВОДЯНОГО (ПАРОВОГО) И ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ.....	227
Практическое занятие № 13	
РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ ПЕРЕДВИЖНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ СНИЖЕНИЮ.....	257
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	288
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	291

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях становления рыночной экономики, оснащения предприятий агропромышленного комплекса (АПК) высокомеханизированным и автоматизированным оборудованием требуется уделять повышенное внимание обеспечению безопасности производственных процессов. От неудовлетворительного состояния дел в области безопасности государство ежегодно несет большие человеческие, финансово-экономические, материальные потери.

В агропромышленном комплексе Республики Беларусь продолжает оставаться высоким уровень производственного травматизма – в 1,5 раза выше, чем в целом по всем отраслям экономики.

Основными причинами производственного травматизма являются:

- старение основных производственных фондов;
- ослабление контроля за технической безопасностью производства на сельскохозяйственных предприятиях;
- грубые нарушения трудовой и производственной дисциплины.

Наиболее неблагоприятная ситуация сложилась в растениеводстве, животноводстве, при ремонте и техническом обслуживании машин. На две основные отрасли производства – растениеводство и животноводство приходится почти половина всех производственных травм. Каждая пятая травма с летальным и тяжелым исходом в АПК происходит при ремонте и техническом обслуживании машин.

Поэтому необходим комплексный подход к решению проблем снижения уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний и повышения эффективности производства в АПК. И важная роль в этом принадлежит обучению студентов, специалистов, руководителей и всех работников методам повышения безопасности работ в АПК.

## Практическое занятие № 1

### РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

**Цель занятия:** приобрести знания для оценки устойчивости тракторов, самоходных машин и машинно-тракторных агрегатов при работе в различных условиях.

#### **Задачи занятия:**

1. Изучить основные причины опрокидывания мобильной сельскохозяйственной техники.
2. Изучить методику расчета предельных статических углов продольной и поперечной устойчивости мобильной сельскохозяйственной техники.
3. Овладеть практическими навыками расчета устойчивости мобильной сельскохозяйственной техники.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Произвести расчет предельных статических углов продольной и поперечной устойчивости мобильной сельскохозяйственной техники (по вариантам, указанным преподавателем).
3. Оформить отчет.
4. Проверить знания по теме занятия, ответив на контрольные вопросы.

#### **Общие положения**

Значительную часть срока службы современные тракторы и самоходные сельскохозяйственные машины работают на высокой скорости, нередко в тяжелых дорожных условиях. На их пути встречаются неровности в виде всевозможных выступов и впадин микрорельефа, при преодолении которых возникают динамические явления в сочетании с общим рельефом местности, вызывающие иногда опрокидывания. Возможно боковое опрокидывание и во время транспортного маневрирования.

### **Основные причины опрокидывания**

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

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

– потеря трактористом-машинистом бдительности (снижение внимания и несвоевременные действия по обеспечению мер предосторожности в результате переутомления, недостаточной квалификации, неопытности и др.);

– технические неисправности сельскохозяйственной техники, несоблюдение инструкций по подготовке к работе (работа с установкой колес на узкой колее и с высоким дорожным просветом (клиренсом), неисправность рулевого управления, увеличенный зазор в сцепном устройстве, нарушение баллаستировки – размещения грузов и др.).

В табл. 1.1 и 1.2 указаны основные причины опрокидывания колесных и гусеничных тракторов по данным различных авторов.

*Таблица 1.1*

Причины опрокидывания тракторов при различных условиях работы

Условия работы	Причины опрокидывания	Количество от всех случаев, %
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Работа поперек склона	Большой крен агрегата	6
	Сползание колес (гусениц) в борозду с последующим боковым опрокидыванием в результате динамического удара	14
	Попадание колес (гусениц), расположенных вниз по склону, в углубление, наезд колес (гусениц), расположенных вверх по склону, на неровности	6
	Сползание слабо натянутой гусеницы	7

Окончание таблицы 1.1

1	2	3
Опрокидывание в момент выглубления плуга на повороте	Динамический рывок	6
Крутой поворот или переезд трактора с навесным орудием на косогоре при подъеме в гору	Недостаточная устойчивость агрегата, действие инерционных сил	24
Уплотнение гусеничным трактором силосной массы	Проваливание или скольжение одной из гусениц	6
	Сбрасывание гусеницы с натяжного колеса силосной массой, набившейся в колесо	6
	Большой крен	17
Прочие случаи	Переключение передач при подъеме или спуске, потеря управляемости	14

Таблица 1.2

Причины опрокидывания тракторов при различных условиях движения

Условия движения	Причины опрокидывания	От количества всех случаев, %	
		трактор	трактор с прицепом
1	2	3	4
Подъем по дороге с сухим покрытием	Самопроизвольное выключение передачи; попытка переключить передачу, остановка двигателя с последующим скатыванием трактора (МТА) назад и продольным (поперечным) опрокидыванием	9	6

1	2	3	4
	Самопроизвольное скатывание при остановке в результате недостаточных тормозных качеств	–	–
Крутой поворот с повышенной скоростью на грунтовой дороге с сухим покрытием (ровный горизонтальный участок)	Недостаточная устойчивость трактора	6	–
	Потеря управляемости в результате воздействия прицепного агрегата	–	6
	Занос трактора прицепом при торможении трактора и отсутствии тормозов на прицепе	–	2
Крутой поворот с повышенной скоростью на дороге, покрытой льдом (снегом), грязью	Занос трактора прицепом происходит и при наличии тормозов на прицепе в результате их недостаточно эффективной работы или при запаздывании срабатывания тормозов прицепа	–	–
Переезд через овраг	Динамический удар по передним колесам; падение колес одной стороны в углубление или наезд на неровность	11	5
Опрокидывание при трогании с места	Резкое включение муфты сцепления, динамическое воздействие груженого прицепа	–	2
Прочие		–	2

### ***Внешние силы, действующие на трактор***

В процессе движения на трактор действуют внешние силы, которые можно разделить на две группы: силы, вызывающие движение трактора, и силы сопротивления его движению. В результате совместного действия всех сил возникают нормальные реакции  $y_k$  и  $y_n$  на задние и передние колеса. Значения реакций существенно влияют на показатели тягово-сцепных и тормозных свойств трактора, управляемость, устойчивость и прочность ходовой системы. В связи с этим представляет интерес анализ зависимости нормальных реакций дороги на колеса от конструктивных и эксплуатационных факторов.

Рассмотрим общий случай ускоренного движения трактора на подъем под углом  $\alpha$  (рис. 1.1) к горизонтали. Трактор имеет задние ведущие и передние ведомые колеса с радиусами соответственно  $r_k$  и  $r_n$ , представляющие собой динамические радиусы качания колес.

При прямолинейном движении на трактор в продольной плоскости действуют следующие внешние силы и реакции. Вес трактора  $G$  приложен в центре тяжести машины. Положение центра тяжести зафиксировано на схеме двумя координатами: продольной  $a$  и вертикальной  $h$ .

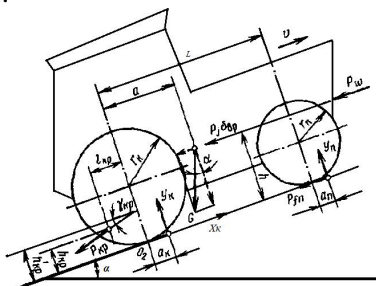


Рис. 1.1. Внешние силы, действующие на трактор в продольной плоскости в общем случае движения

Нормальные реакции дороги  $y_k$  на ведущие колеса и  $y_n$  на ведомые колеса. Реакция  $y_k$  смещена на расстояние  $a_k$ , а реакция  $y_n$  – на расстояние  $a_n$  от прямых, проведенных через оси соответствующих колес перпендикулярно их опорной поверхности.

Реакции дороги, параллельные поверхности пути: действующая по направлению движения толкающая сила  $x_k$  и действующая против направления движения реакция  $P_{fn}$ .

Тяговое сопротивление  $P_{кр}$ , приложенное в точке прицепа, находящейся на высоте  $h_{кр}$  от поверхности пути. В общем случае тяговое сопротивление направлено под углом  $\gamma_{кр}$  к этой поверхности. Угол  $\gamma_{кр}$  считается положительным, когда линия тягового сопротивления наклонена вниз по направлению к опорной поверхности, и отрицательным, когда она наклонена вверх (на рис. 1.1 принят первый случай).

$P_{j\deltaвр}$  – суммарная сила инерции поступательно движущихся и вращающихся масс трактора, возникающая при неравномерной скорости движения.

$P_{\omega}$  – сила сопротивления воздуха, приложенная на высоте  $h$  центра тяжести трактора.

### Устойчивость

*Устойчивостью* называют способность транспортного средства сохранять направление движения и противостоять действию внешних сил, стремящихся вызвать занос или опрокидывание. Различают *продольную и поперечную устойчивость* машин и агрегатов.

#### Продольная устойчивость

Критерием продольной устойчивости служат предельные значения углов подъема  $\alpha_{п}$  и уклона  $\alpha_{у}$ .

Схема внешних сил, действующих в этом случае на колесный трактор, представлена на рис. 1.2.

*Предельный статический угол подъема  $\alpha_{п}$*  (рис. 1.2, а) – это наибольший угол подъема, на котором трактор (машина) может стоять не опрокидываясь.

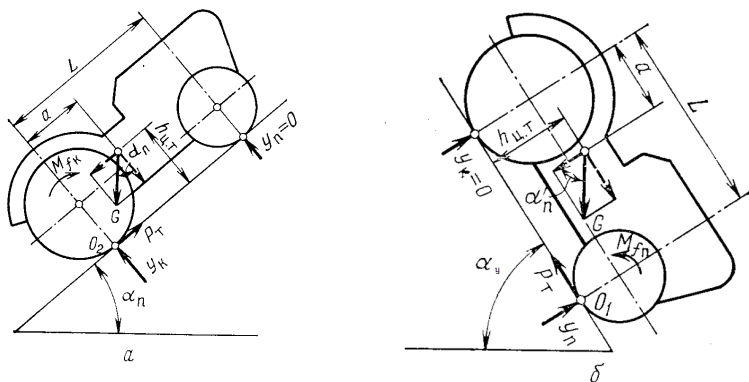


Рис. 1.2. Схема сил, действующих на колесный трактор, стоящий на предельном подъеме (а) и уклоне (б):

$y_{п}$  и  $y_{к}$  – нормальная реакция дороги на колеса, расположенные в нижней и верхней частях уклона;  $G$  – вес трактора;  $P_{т}$  – тормозная сила

Определяется угол  $\alpha_{п}$  по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_{п} = \frac{a}{h_{ц.т.}}, \quad (1.1)$$

где  $a$  – продольная координата центра тяжести машины, мм;

$h_{ц.т}$  – высота расположения центра тяжести машины над поверхностью дороги, мм.

*Предельный статический угол уклона* колесных машин – это наибольший угол уклона, на котором трактор (машина) может стоять не опрокидываясь (рис. 1.2, б). Определяется он по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_y = \frac{(L-a)}{h_{ц.т}}, \quad (1.2)$$

где  $L$  – продольная база машины, мм.

Для гусеничных тракторов (рис. 1.3):

– при подъеме

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{(0,5L_{гус} + a_0)}{h_{ц.т}}, \quad (1.3)$$

где  $a_0$  – расстояние от центра масс трактора до середины опорных поверхностей гусениц;

– при уклоне

$$\operatorname{tg} \alpha_y = \frac{(0,5L_{гус} - a_0)}{h_{ц.т}}. \quad (1.4)$$

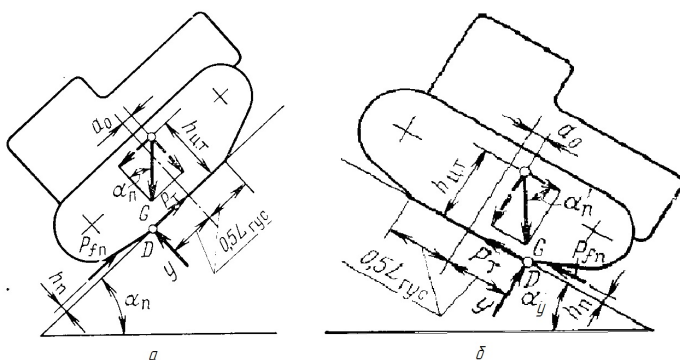


Рис. 1.3. Схема сил, действующих на гусеничный трактор, стоящий на предельном подъеме (а) и уклоне (б)

Для тракторов с балансирной подвеской продольную базу машины рассматривают как продольную базу балансирных кареток.

Предельные углы подъема для колесных тракторов 35–40°, а уклона – около 60°. Для гусеничных тракторов с полужесткой подвеской эти углы 35–40°, а с балансирной подвеской несколько меньше. Для самоходных шасси общего назначения без навесных машин  $\alpha_n = 20\text{--}25^\circ$ ,  $\alpha_y > 60^\circ$ .

Продольная устойчивость при стоянке на подъемах и уклонах может быть нарушена не только в результате опрокидывания трактора, но и в результате его сползания.

Если тормоза установлены только на задних колесах тракторов, то углы  $\alpha_n$  и  $\alpha_y$  определяются по формулам:

$$\operatorname{tg}\alpha_n = \frac{\varphi(L-a)}{L-\varphi h_{ц.т}}, \quad (1.5)$$

$$\operatorname{tg}\alpha_y = \frac{\varphi(L-a)}{L+\varphi h_{ц.т}}, \quad (1.6)$$

где  $\varphi$  – коэффициент сцепления с дорогой.

Если тормоза установлены на всех колесах и сцепные качества передних и задних колес одинаковы, то тормозная сила на подъеме и уклоне имеет одно и то же значение. В этом случае условия сползания на подъеме и уклоне одинаковы, то есть

$$\operatorname{tg}\alpha_n = \operatorname{tg}\alpha_y = \varphi. \quad (1.7)$$

При движении на подъем МТА продольная устойчивость снижается под действием момента сопротивления качению тяговой нагрузки на крюке и веса сельхозмашины.

Предельный статический угол подъема МТА определяется по формуле

$$\operatorname{tg}\alpha_{\text{МТА}} = \frac{\operatorname{tg}\alpha_n \frac{(1-\varphi h_{кр})}{a}}{\frac{(1-h_{кр})}{h_{ц.т}}}. \quad (1.8)$$

Для транспортных агрегатов наиболее опасно *поперечное опрокидывание*.

*Поперечную устойчивость* определяют статическим углом  $\beta_0$  уклона, при котором трактор стоит, не опрокидываясь и не сползая.

$$\operatorname{tg}\beta_0 = \frac{0,5B}{h_{ц.т}}, \quad (1.9)$$

где  $B$  – ширина колеи колесного трактора, мм.

Для гусеничных тракторов

$$\operatorname{tg}\beta_0 = \frac{0,5(B-b)}{h_{ц.т}}, \quad (1.10)$$

где  $b$  – ширина гусеницы.

Для тракторов с четырьмя колесами  $\beta_0 = 40\text{--}50^\circ$ . Приблизительно такими же значениями статического угла уклона характеризуют поперечную устойчивость гусеничных тракторов. Для тракторов трехколесного типа  $\beta_0 = 30\text{--}35^\circ$ .

Статический угол поперечного уклона, при котором возможно сползание машины, определяют из уравнения:

$$\operatorname{tg}\beta_c = \varphi_c, \quad (1.11)$$

где  $\varphi_c$  – коэффициент сцепления с дорогой в боковом направлении, зависит от механических свойств дороги и конструкции движителя; в расчетах  $\varphi_c$  принимают равным среднему значению коэффициента сцепления  $\varphi$  (табл. 1.3 и 1.4).

Таблица 1.3

Коэффициенты сопротивления качению  $f$  и сцепления  $\varphi$  тракторов в зависимости от вида дороги

Вид дороги	Колесные тракторы		Гусеничные тракторы	
	$f$	$\varphi$	$f$	$\varphi$
$1$	$2$	$3$	$4$	$5$
Асфальт	0,02	0,7	–	–
Грунтовая сухая	0,03–0,05	0,6–0,8	0,05–0,07	0,09–1,10

1	2	3	4	5
Целина, плотная залежь	0,05–0,07	0,7–0,9	0,06–0,07	1,0–1,2
Залежь 2-, 3-летняя, скошенный луг	0,06–0,08	0,6–0,8	0,06–0,07	0,9–1,1
Стерня	0,08–0,10	0,6–0,8	0,06–0,08	0,8–1,0
Вспаханное поле	0,12–0,18	0,5–0,7	0,08–0,10	0,6–0,8
Поле, подготовленное под посев	0,16–0,18	0,4–0,6	0,09–0,12	0,6–0,7
Болотно-торфяная целина	–	–	0,11–0,14	0,4–0,6
Укатанная снежная	0,03–0,04	0,3–0,4	0,06–0,07	0,5–0,7

Таблица 1.4

Коэффициенты сопротивления качению  $f$  и сцепления  $\phi$  автомобилей в зависимости от вида дороги

Вид дороги	$f$	$\phi$
Асфальтированная	0,015–0,02	0,6–0,75
Гравийно-щебеночная	0,02–0,03	0,5–0,65
Бульжная мостовая	0,025–0,035	0,4–0,5
Сухая грунтовая	0,03–0,05	0,5–0,7
Грунтовая после дождя	0,05–0,15	0,35–0,5
Песчаная	1,1–0,3	0,65–0,75
Снежная укатанная	0,03–0,04	0,30–0,35

На боковую устойчивость влияют динамические явления, возникающие от неровностей дороги, которые интенсивнее проявляются при увеличении скорости движения. Поэтому угол  $\beta_d$ , определяющий динамическую боковую устойчивость машин, всегда меньше статического угла поперечного уклона:

$$\beta_d = (0,4 - 0,6)\beta_0. \quad (1.12)$$

### **Способы повышения устойчивости**

Существуют различные приемы повышения устойчивости и улучшения управляемости колесных тракторов:

– увеличение продольной базы трактора там, где есть возможность регулирования ее длины;

– размещение на раме в передней части трактора специальных балластных грузов. Такой способ используют для повышения продольной устойчивости колесного трактора при агрегатировании с тяжелыми, навешиваемыми сзади машинами, поскольку при разгрузке передних колес управляемость трактора нарушается, а грузы способствуют ее восстановлению;

– понижение центра тяжести трактора в результате уменьшения дорожного просвета.

Гусеничные тракторы более приспособлены для работы на склонах, так как центр их тяжести расположен относительно низко, динамическая устойчивость лучше, и они менее подвержены сползанию со склона. Эти тракторы используют для наиболее энергоемких работ на овражных и балочных склонах крутизной до  $20^\circ$ .

Для лучшей безопасности гусеничные тракторы оборудуют специальной опорой, которая при помощи рычажной системы и гидравлического цилиндра устанавливается в сторону крена и препятствует опрокидыванию.

### **Контрольные вопросы и задания по теме занятия**

1. Назовите основные причины опрокидывания тракторов в зависимости от условий работы.

2. Как определить предельные статические углы подъема и уклона?

3. Как определить наибольшие углы подъема и уклона, на которых трактор может стоять не сползая?

4. Как подсчитывается критический угол подъема при установленном движении трактора с нагрузкой на крюке?

5. Дайте объяснение выражению «предельный критический угол по управляемости».

6. Как рассчитать поперечную устойчивость колесных тракторов?

7. Оценить продольную устойчивость на подъеме и уклоне и поперечную устойчивость колесного трактора с продольной координатой центра масс трактора  $a$ , высотой расположения центра масс трактора над поверхностью дороги  $h_{ц.т.}$ , продольной базой трактора  $L$ , шириной колеи  $B$ . Исходные данные по вариантам приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продольная координата центра масс трактора $a$ , мм	810	814	826	830	815	807	819	816	812
Высота расположения центра масс трактора над поверхностью дороги $h_{ц.т.}$ , мм	870	890	905	899	904	880	892	889	895
Продольная база трактора $L$ , мм	2460	2455	2430	2463	2450	2490	2445	2470	2465
Ширина колеи $B$ , мм	1350	1450	1750	1800	1450	1800	1650	1750	1550

8. Оценить продольную устойчивость на подъеме и уклоне и поперечную устойчивость гусеничного трактора с высотой расположения центра масс трактора над поверхностью дороги  $h_{ц.т.} = 725$  мм, продольной базой трактора  $L_{гус} = 1612$  мм, шириной колеи  $B = 1330$  мм, расстоянием от центра масс трактора до середины опорных поверхностей гусениц  $a_0 = 248$  мм, шириной гусеницы  $b = 390$  мм.

9. Оценить продольную устойчивость колесного трактора на подъеме и уклоне, если тормоза установлены на задних колесах. Продольная координата центра масс трактора  $a$ , высота расположения центра масс трактора над поверхностью дороги  $h_{ц.т.}$ , продольная база трактора  $L$ , коэффициент сцепления с дорогой  $\varphi$ . Исходные данные по вариантам приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продольная координата центра масс трактора $a$ , мм	818	815	834	826	815	811	817	820	814

Окончание таблицы 1.6

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Высота расположения центра масс трактора над поверхностью дороги $h_{ц.т.}$ , мм	875	883	899	907	900	885	890	894	897
Продольная база трактора $L$ , мм	2430	2465	2540	2475	2480	2530	2425	2430	2495
Коэффициент сцепления с дорогой $\varphi$	0,6	0,3	1,2	0,9	1,0	0,65	0,8	0,35	1,1

## Практическое занятие № 2

### РАСЧЕТ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОСТАНОВОЧНОГО ПУТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И АГРЕГАТОВ

**Цель занятия:** приобрести знания по расчетам теоретического остановочного пути сельскохозяйственных машин и агрегатов, критической скорости на повороте.

**Задачи занятия:**

1. Изучить методику расчета теоретического остановочного пути сельскохозяйственных машин и агрегатов, критической скорости на повороте.
2. Овладеть практическими навыками расчета теоретического остановочного пути сельскохозяйственных машин и агрегатов, критической скорости на повороте.

**Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Оформить отчет и изложить письменно результаты расчетов теоретического остановочного пути агрегата, состоящего из колесного трактора и прицепа, не оборудованного тормозами, и критической скорости на повороте (по вариантам, указанным преподавателем).
3. Проверить знания по теме занятия, ответив на контрольные вопросы.

### Общие положения

Тормозные устройства предназначены для плавной и экстренной остановки движущихся машин и частей оборудования, удержания техники на уклонах, предотвращения самоопускания груза и т. д. К техническому состоянию и эффективности работы тормозов тракторов, самоходных сельскохозяйственных машин и прицепов предъявляют очень высокие требования, т. к. от них во многом зависит безопасность движения.

Эффективность рабочих тормозов определяют по величине тормозного (остановочного) пути, совершаемого машиной на ровной дороге с твердым покрытием после разгона до какой-либо специально установленной скорости.

Максимально допустимые значения тормозного пути для каждого вида автомобильной или тракторной техники установлены соответствующей нормативной документацией. Эффективность стояночных тормозов определяют по надежности удержания машин на подъеме или спуске определенного угла.

Эффективность торможения мобильных машин оценивают по величине тормозного пути, который пройдет машина с момента обнаружения препятствия до момента ее остановки.

Безопасность эксплуатации тракторных средств во многом зависит от эффективности тормозных систем. Полное время  $t$  аварийной остановки движущегося транспортного средства можно разложить на отдельные составляющие:

$$t = t_1 + t_2 + t_3, \quad (2.1)$$

где  $t_1$  – время реакции водителя (с момента обнаружения препятствия до начала воздействия на педаль тормоза) – зависит от индивидуальных особенностей водителя и находится в пределах 0,2–1,5 с (в расчетах обычно принимают  $t_1 = 0,8$  с);

$t_2$  – время срабатывания тормозов зависит от конструкции привода (для тормозов с гидравлическим приводом – 0,2 с, с механическим – 0,3, с пневматическим – 0,6–0,7, для автопоезда с пневмоприводом – до 2 с);

$t_3$  – время от начала торможения до полной остановки транспортного средства: обычно  $t_3 = 0,2$ –1,0 с.

Минимальное время торможения  $t_3$  рассчитывают по формуле

$$t_3 = \frac{n_0}{126\phi}, \quad (2.2)$$

где  $n_0$  – скорость в момент начала торможения, км/ч;

$\phi$  – коэффициент сцепления шин с поверхностью дороги.

Эффективность торможения транспортного средства оценивают по величине остановочного пути  $l_0$  с момента обнаружения препятствия до момента остановки:

$$l_0 = \left( t_1 + t_2 + \frac{t_3}{2} \right) \frac{v_0}{3,6} + \frac{K_y v_0^2}{254\varphi} = \left( t_1 + t_2 + \frac{v_0}{252\varphi} \right) \frac{v_0}{3,6} + \frac{K_y v_0^2}{254\varphi}, \quad (2.3)$$

где  $K_y$  – коэффициент эксплуатационных условий торможения, учитывающий нарушение регулировок тормозов, их загрязнение (для грузовых автомобилей и тракторов – 1,4–1,6).

Для трактора или автомобиля с прицепом, не имеющим тормозов, остановочный путь определяется:

$$l_{0п} = \left( t_1 + t_2 + \frac{v_0}{252\varphi} \right) \frac{v_0}{3,6} + \frac{K_y v_0^2 (G_{a(т)} + G_{п})}{254\varphi G_{a(т)}}, \quad (2.4)$$

где  $G_{a(т)}$  – масса автомобиля (трактора), кг;

$G_{п}$  – масса прицепа, кг.

### ***Расчет критической скорости на повороте***

Критическая скорость  $v_{кр}$ , при которой возможно опрокидывание на повороте:

$$n_{кр} = 3,6 \sqrt{\frac{gBR}{2h_{ц}}}, \quad (2.5)$$

где  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;

$R$  – радиус поворота, м;

$B$  – ширина колеи транспортного средства, м;

$h_{ц}$  – высота расположения центра масс машины над поверхностью дороги, м.

## Контрольные вопросы и задания по теме занятия

1. Каково назначение тормозных устройств?
2. В чем причины высоких требований к техническому состоянию и эффективности работы тормозов?
3. Как определяют эффективность рабочих тормозов?
4. Как рассчитать теоретический остановочный путь агрегата, состоящего из трактора и прицепа, не оборудованного тормозами?
5. Как определить полное время аварийной остановки движущегося транспортного средства?
6. Как рассчитать величину критической скорости на повороте?
7. Рассчитать теоретический остановочный путь самоходной сельскохозяйственной машины, когда движение происходит по ровной сухой дороге. Исходные данные по вариантам приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Коэффициент сцепления шин с поверхностью дороги $\phi$	0,4	0,5	0,3	0,8	0,6	0,6	0,7	0,9	0,6
Скорость в момент начала торможения $v_0$ , км/ч	20	22	16	19	25	27	15	21	26
Время реакции водителя $t_1$ , с	0,2	1,0	1,5	0,6	1,0	0,7	1,3	0,8	0,5
Время срабатывания тормозов $t_2$ , с	0,3	0,6	0,2	0,7	0,2	0,6	0,7	0,6	0,3
Коэффициент эксплуатационных условий торможения $K_y$	1,4	1,6	1,4	1,5	1,6	1,5	1,4	1,6	1,5

8. Рассчитать теоретический остановочный путь агрегата, состоящего из трактора и прицепа, не оборудованного тормозами, для случая, когда движение происходит по ровной сухой дороге со скоростью  $v_0$ . Масса трактора  $G_T$ , масса прицепа  $G_n$ , коэффициент сцепления шин с поверхностью дороги  $\phi$ . Исходные данные по вариантам приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Масса трактора $G_T$ , кг	11450	3700	7220	10800	6273	11100	4500	3900	11000
Масса прицепа $G_{п}$ , кг	2340	1800	1890	2560	2740	2930	1780	1670	3450
Коэффициент сцепления шин с поверхностью дороги $\phi$	0,4	0,5	0,3	0,8	0,6	0,6	0,7	0,9	0,6
Скорость в момент начала торможения $v_0$ , км/ч	11	14	16	12	15	10	13	14	16
Время реакции водителя $t_1$ , с	0,2	1,0	1,5	0,6	1,0	0,7	1,3	0,8	0,5
Время срабатывания тормозов $t_2$ , с	0,3	0,6	0,2	0,7	0,2	0,6	0,7	0,6	0,3
Коэффициент эксплуатационных условий торможения $K_y$	1,4	1,6	1,4	1,5	1,6	1,5	1,4	1,6	1,5

9. Определить скорость, при которой может произойти опрокидывание МТА при движении на повороте дороги радиусом  $R$ , если высота центра тяжести трактора  $h_{ц.т.}$ , ширина колеи на транспортных работах  $B_{max}$ . Рассчитать скорость, при которой на этой же дороге произойдет опрокидывание МТА, подготовленного для выполнения сельскохозяйственных работ, при ширине колеи  $B_{min}$ . Исходные данные по вариантам приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Радиус поворота $R$ , м	3,5	5,0	5,5	3,5	4,0	4,5	6,5	4,0	6,0
Ширина колеи $B_{\max}$ , мм	2100	1800	1850	1990	1970	2400	2100	2435	2090
Ширина колеи $B_{\min}$ , мм	1420	1400	1450	1430	1420	1450	1400	1520	1540
Высота расположения центра масс машины над поверхностью дороги $h_{ц.т.}$ , мм	870	890	905	899	904	880	892	889	895

## Практическое занятие № 3

### ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

**Цель занятия:** приобрести знания для оценки организации рабочего места оператора мобильных сельскохозяйственных машин.

**Задачи занятия:**

1. Изучить основные принципы рациональной организации рабочего места оператора мобильных сельскохозяйственных машин.
2. Изучить методику оценки рабочего места операторы мобильной сельскохозяйственной машины на соответствие антропометрическим и психофизиологическим требованиям.

**Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Провести инженерно-психологическую оценку рабочего места оператора мобильной сельскохозяйственной машины на соответствие антропометрическим и психофизиологическим требованиям (по вариантам, указанным преподавателем).
3. Оформить отчет.
4. Проверить знания по теме занятия, ответив на контрольные вопросы.

### Общие положения

Для повышения работоспособности и производительности труда большое значение имеет соответствие конструкции машины и организации рабочего места антропометрическим данным и физиологическим возможностям человека.

Под организацией рабочего места понимают систему мероприятий по созданию условий, необходимых для достижения высокой производительности труда при наиболее полном использовании технических возможностей машин и оборудования, способствующих поддержанию высокой работоспособности и сохранению здоровья человека. В условиях сельскохозяйственного производства

организация рабочих мест имеет специфические особенности и в ряде случаев весьма затруднительна.

Рациональная организация рабочих мест во многом зависит от правильности определения рабочей зоны, зон досягаемости и размещения в их пределах предметов оснащения рабочего места.

Рабочая зона оператора – это участок пространства, ограниченный зонами досягаемости рук в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Пространство, ограниченное дугой, очерчиваемой кончиками пальцев полностью вытянутой руки, называют *зоной максимальной досягаемости*. Пространство, ограниченное дугой, очерчиваемой кончиками пальцев руки при ее движении в локтевом суставе, считают *зоной нормальной досягаемости*. Работа в пределах этих зон обеспечивает оптимальную рабочую позу без наклона туловища или с легким наклоном вперед на угол до 10–15°. В пределах зоны нормальной досягаемости можно выполнять самые точные и очень частые движения и размещать наиболее важные и часто используемые органы управления.

Чтобы работа выполнялась в удобной, правильной позе, необходимо следить за расположением сиденья по высоте и глубине в соответствии с антропометрическими данными работающего. На рис. 3.1 представлены оптимальные зоны расположения органов управления рабочим оборудованием в кабинах тракторов при среднем положении сиденья по регулировкам и в нагруженном состоянии.

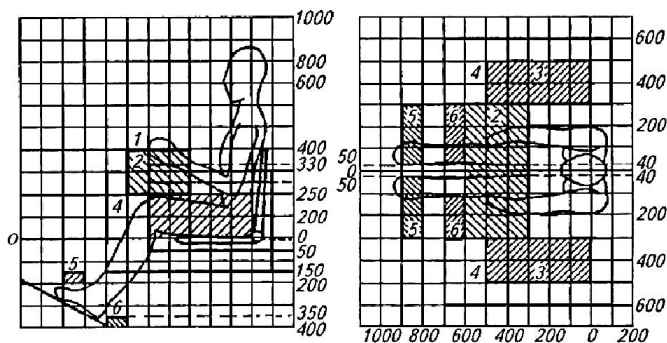


Рис. 3.1. Зоны расположения органов управления трактором:  
 1 – нижняя точка рулевого колеса; 2 – центры рукояток рычагов механизма поворота и рычагов, установленных на рулевой колонке и передней панели;  
 3, 4 – предпочтительные и допустимые зоны расположения других рычагов;  
 5, 6 – центры и нижние кромки опорных площадок педалей, приводимых в действие ногами

Многообразные движения рук следует сводить к малоутомительным движениям пальцев, кистей и предплечий, а движения плечевого пояса и особенно движения, связанные с наклоном или поворотом корпуса, должны быть сокращены до минимума.

Менее утомительными являются движения в горизонтальном направлении по сравнению с движениями в вертикальном направлении. Короткие траектории движений менее утомительны, чем длинные. Более рациональны и естественны движения по криволинейным траекториям. Труднее совершать повторяющиеся движения в одном направлении, еще труднее делать последовательные движения. Вращательные движения по ходу часовой стрелки соответствуют по трудности прямолинейным движениям.

При правильном выборе рабочих движений производительность труда возрастает на 5–25 %.

В сельскохозяйственном производстве доля ручного труда еще велика, в том числе и при обслуживании машин, когда зачастую выполняются нецелесообразные с физиологической точки зрения движения при значительных мышечных усилиях.

Совершенствование нормативов, регламентирующих мышечные усилия работающих, позволит уменьшить физическую нагрузку водителей тракторов, комбайнов и других сельскохозяйственных машин.

При выполнении однообразных ручных операций, требующих напряжения мышц, темп движений не должен превышать 10–12 в минуту, а усилие – 30–40 Н. Усилия на рычаги и педали не должны превышать значений, указанных в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Допустимые усилия на органы управления машин и оборудования

Органы управления	Частота использования	Допустимое усилие, Н
Рычаги	Постоянно	30
	Часто (1–3 раза в минуту)	60
	Редко (5–10 раз в час)	100
	Периодически (не более 5 раз в смену)	200
Педали, приводимые в действие ногой	Постоянно	30
	Часто (1–3 раза в минуту)	60
	Редко (5–10 раз в час)	120
	Периодически (не более 5 раз в смену)	200

Расположение сиденья в кабине машины определяется размерами тела водителя, длиной его ног и углом между голенью ноги и плоскостью педали сцепления и тормозной педали. Оптимальным считают угол  $70^\circ$ . Высота сиденья зависит от максимальной силы давления на педали. Педали, на которые приходится наибольшая сила давления ноги, должны быть расположены ближе к центральной линии. Оптимальная сила сопротивления педали акселератора находится в пределах 29,4–34,3 Н.

Особенно чувствителен к наклону голеностопный сустав. Максимальный угол между его крайними положениями должен составлять  $20^\circ$ . Амплитуда перемещения акселератора должна быть 40 мм. У большинства марок тракторов эта амплитуда больше, из-за чего нога находится в неудобном и утомительном положении.

Оптимальный угол плоскости рулевого колеса с горизонталью составляет  $50\text{--}60^\circ$ . Водитель должен держать руки на рулевом колесе так, чтобы они были согнуты под углом  $90^\circ$ .

Основные требования к сиденью:

1) оно должно быть немного наклонено назад с целью предотвращения сползания оператора вперед;

2) уровень сиденья должен быть настолько низким, чтобы передняя треть бедра при перпендикулярно стоящей голени не касалась поверхности сиденья; в противном случае происходит давление на мягкие части бедра, что приводит к нарушению кровообращения в ногах. С этой же целью рекомендуется закруглять передний край сиденья вниз;

3) должен быть выдержан физиологически оптимальный угол наклона переднего края сиденья  $4^\circ$  и заднего края –  $10\text{--}12^\circ$ ;

4) пределы перемещения спинки по высоте должны быть 100–250 мм, а угол наклона спинки –  $3\text{--}15^\circ$ ;

5) рациональная высота спинки – 275–400 мм;

6) при работе стоя и сидя размеры пространства для стоп должны быть: при работе стоя – не менее 150 мм по глубине и высоте, 530 мм по ширине; при работе сидя – не менее 650 мм по глубине и 500 мм по ширине. В области колен пространство по глубине можно при необходимости доводить до 450 мм;

7) в некоторых случаях в конструкции рабочего стула целесообразно предусматривать подлокотники, особенно при работе рук на весу. Ширина подлокотника должна быть не менее 50 мм, длина

200 мм, высота 70–200 мм, а расстояние между ними – 400–500 мм. Все элементы рабочего стула – сиденье, спинка и подлокотники должны быть полумягкими.

При инженерно-психологической оценке рабочего места проверяют соблюдение антропометрических и психофизиологических требований, а также рекомендаций к размерам пульта управления, размещению индикаторов и органов управления; размерам отдельных индикаторов и светотехническим характеристикам всех индикаторов, взаимному расположению органов управления и индикаторов.

Максимальную ширину пульта управления определяют по формуле:

$$S_{\text{пmax}} = 2L \operatorname{tg} 45^\circ = 2L, \quad (3.1)$$

где  $L$  – расстояние до глаз оператора от пульта управления, см.

Максимальная высота пульта управления  $H_{\text{пmax}}$  определяется высотой расположения глаз человека  $h_{\text{гл}}$  и вертикальным размером второстепенной зоны размещения индикаторов  $H_{\text{вт}}$ :

$$H_{\text{пmax}} = h_{\text{гл}} + 0,5H_{\text{вт}} = h_{\text{гл}} + 2L \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\text{в}}}{2}, \quad (3.2)$$

где  $\alpha_{\text{в}}$  – рекомендуемый угол периферического зрения в вертикальной плоскости (вверх от линии взора оператора):  $\alpha_{\text{в}} = 30^\circ$ .

При определении размеров и места расположения пульта управления следует иметь в виду, что рекомендуемый угол обзора в вертикальной плоскости вниз от линии взора (горизонтали) составляет  $45^\circ$ .

Области размещения индикаторов определяют в такой последовательности. На чертеже (фронтальный вид пульта) проводят линию 1–1 (рис. 3.2) через центр лицевой панели. На этой линии откладывают от основания пульта отрезок длиной 120 или 160 см (уровень глаз соответственно сидящего и стоящего оператора). В результате получают точку взора оператора. Через эту точку параллельно основанию проводят линию 2–2.

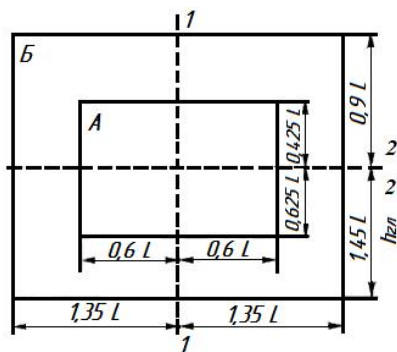


Рис. 3.2. Схема определения зон расположения индикаторов

Для нахождения границ центральной А и периферической (второстепенной) Б зон поля зрения используют следующую формулу:

$$l_{\text{п}} = kL, \quad (3.3)$$

где  $l_{\text{п}}$  – расстояние от центра панели (центр поля зрения) до ее края;

$k$  – коэффициент пересчета (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Значения коэффициента пересчета  $k$

Зона поля зрения оператора (см. рис. 3.2)	Расположение индикаторов (от центра)		
	вправо и влево	вверх	вниз
Центральная (А)	0,6	0,425	0,625
Периферическая, или второстепенная (Б)	1,35	0,9	1,45

Полученные значения границ (зон А и Б соответственно) откладывают от центра поля зрения вверх и вниз по линии 1–1, вправо и влево по линии 2–2. Через полученные точки проводят линии, параллельные 1–1 и 2–2.

Прямоугольники, образованные пересечением этих линий, ограничивают центральную А и второстепенную Б зоны поля зрения и, соответственно, центральную и второстепенную зоны расположения индикаторов.

Аналогично определяют зоны досягаемости рук оператора (зоны расположения органов управления). Различие состоит в том, что в качестве исходной точки берут не высоту расположения глаз, а высоту плеча. Вместо углов обзора необходимо проводить дуги радиусами, соответствующими тем или иным зонам досягаемости рук человека.

Следует помнить, что наиболее важные и часто используемые индикаторы должны находиться в центральной зоне, а органы управления – в зоне максимальной досягаемости. Остальные индикаторы размещают во второстепенной зоне. Индикаторы и органы управления, к которым оператор обращается эпизодически, могут находиться за пределами указанных зон.

Размеры отдельного индикатора определяют по максимальному числу знаков (символов), которые должны на нем отображаться, т. е. по числу знакомест индикатора, а также по допустимым размерам каждого символа и расстоянию между ними.

Высота символа:

$$h = 2l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (3.4)$$

где  $l$  – расстояние от глаза до символа;

$\alpha$  – угол между двумя лучами, исходящими из центра глаза, соответственно, до верхней и нижней кромок символа, град.

Размер символа (знака) индикатора определяется углом

$$\alpha = 2 \operatorname{arctg} \frac{h}{2l}. \quad (3.5)$$

Угол зрения в  $1/60$  градуса соответствует единице остроты зрения.

Ширина символа

$$S_{\text{сmax}} = h\Phi, \quad (3.6)$$

где  $h$  – высота символа;

$\Phi$  – формат символа, равный  $2/3$ ,  $3/5$  или  $5/7$ .

Следует обеспечить соотношение  $0,60 < S/h < 0,71$ .

Оптимальное расстояние между символами (знаками) – половина ширины знака, а расстояние между строками – половина его высоты. Минимальное расстояние от краев индикатора до ближайшего знака равно ширине (высоте) знака.

Максимальная высота индикатора

$$H_{h\max} = 1,5h(N_{\text{в}} + 1). \quad (3.7)$$

Максимальная ширина индикатора

$$S_{u\max} = 1,5S(N_{\text{г}} + 1), \quad (3.8)$$

где  $h, S$  – соответственно, принятые высота и ширина символа;

$N_{\text{в}}, N_{\text{г}}$  – число знакомест индикатора, соответственно, по вертикали и горизонтали.

Основные светотехнические характеристики индикаторов – яркость изображения, контраст и число пороговых контрастов.

Яркость предмета,  $\text{кд/м}^2$ , определяется двумя составляющими: яркостью излучения  $B_{\text{и}}$  и яркостью отражения  $B_0$ :

$$B = B_{\text{и}} + B_0. \quad (3.9)$$

Яркость излучения зависит от мощности источника света и его светоотдачи. Яркость отражения,  $\text{кд/м}^2$ :

$$B_0 = \frac{E\rho}{\pi}, \quad (3.10)$$

где  $E$  – освещенность поверхности, лк;

$\rho$  – коэффициент отражения поверхности.

Фактический контраст бывает прямой  $K_{\text{пр}}$  (когда предмет темнее фона) и обратный  $K_{\text{об}}$  (когда предмет ярче фона). Их определяют по формулам:

$$K_{\text{пр}} = \frac{(B_{\phi} - B_{\pi})}{B_{\phi}}, \quad (3.11)$$

$$K_{\text{об}} = \frac{(B_{\pi} - B_{\phi})}{B_{\pi}}, \quad (3.12)$$

где  $B_{\phi}$ ,  $B_{\pi}$  – яркости, соответственно, фона и предмета, кд/м<sup>2</sup>.

Оптимальный контраст находится в пределах 0,60–0,95. При этом следует помнить, что работа при прямом контрасте более благоприятна, чем при обратном.

Пороговый контраст  $K_{\pi}$  определяют по рис. 3.3 для известных условий наблюдения.

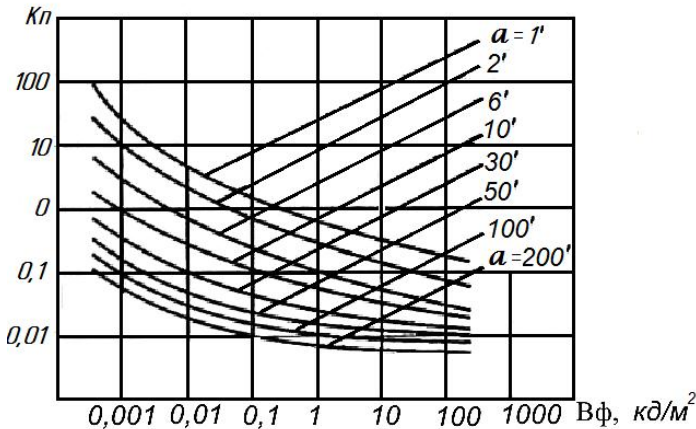


Рис. 3.3. Графики зависимости порогового контраста от яркости и размеров предметов

Число пороговых контрастов

$$Q = \frac{K_{\text{пр(об)}}}{K_{\pi}}. \quad (3.13)$$

Рабочее место считают прошедшим инженерно-психологическую оценку по основным светотехническим характеристикам индикаторов, если:

$$B > 10 \text{ кд/м}^2; 0,65 < K_{\text{пр(об)}} < 0,95 \text{ и } Q > 10.$$

### **Контрольные вопросы и задания по теме занятия**

1. Что понимают под организацией рабочего места оператора?
2. От чего зависит рациональная организация рабочих мест?
3. Что такое «рабочая зона оператора»?
4. Что понимают под зоной максимальной досягаемости?
5. Что понимают под зоной нормальной досягаемости?
6. Каково значение оптимального угла плоскости рулевого колеса с горизонталью?
7. Перечислите основные требования к сиденью оператора мобильных машин.
8. Что оценивают при инженерно-психологической оценке рабочего места оператора мобильных машин?
9. Провести по исходным данным (табл. 3.3) инженерно-психологическую оценку рабочего места оператора мобильной сельскохозяйственной машины на соответствие антропометрическим и психофизиологическим требованиям в следующей последовательности:
  - 1) определить максимальную ширину и высоту пульта управления по формулам (3.1), (3.2);
  - 2) построить зону расположения индикаторов и зону досягаемости рук оператора (по образцу рис. 3.2);
  - 3) определить размеры индикаторов по формулам (3.4)–(3.8);
  - 4) определить основные светотехнические характеристики индикаторов по формулам (3.9)–(3.13);
  - 5) на основании проверки выполнения условий  $B > 10 \text{ кд/м}^2$ ,  $0,65 < K_{\text{пр(об)}} < 0,95$  и  $Q > 10$  сделать вывод о соответствии рабочего места оператора антропометрическим и психофизиологическим требованиям.

Таблица 3.3

Исходные данные для расчета

Показатель	№ варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L$ , м	0,53	0,65	0,45	0,57	0,47	0,49	0,51	0,62	0,59
$\alpha_B$ , град	30								
$l$ , м	0,50	0,61	0,40	0,53	0,44	0,43	0,45	0,58	0,55
$\alpha$ , град	3								
$\Phi$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{2}{3}$
$N_B$	1	2	2	1	1	2	1	2	2
$N_\Gamma$	3	4	2	5	2	3	4	2	3
$B_{II}$ , кД/м <sup>2</sup>	9	14	8	7	5	4	5	8	2
$B_\Phi$	16	20	17	15	21	13	19	16	14
$B_\Pi$	13	14	19	12	17	10	23	14	18
$E$ , лк	15								
$\rho$ , %	30								

## Практическое занятие № 4

### АНАЛИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ПО КРИТЕРИЯМ БЕЗОПАСНОСТИ

**Цель занятия:** приобрести знания для анализа соответствия сельскохозяйственных машин критериям безопасности.

#### **Задачи занятия:**

1. Изучить основные критерии безопасности сельскохозяйственной техники.
2. Изучить общие требования безопасности к сельскохозяйственной технике.
3. Овладеть практическими навыками анализа соответствия сельскохозяйственных машин критериям безопасности.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Произвести анализ конкретной сельскохозяйственной машины (по выбору преподавателя) на соответствие критериям безопасности.
3. Оформить отчет.

### Общие положения

Безопасная конструкция машины является первым и наиболее важным шагом в процессе снижения степени риска. Основными требованиями безопасности, предъявляемыми к конструкции сельскохозяйственных машин, являются: безопасность для здоровья и жизни человека, надежность, удобство эксплуатации. Их выполнение делает машины безопасными не только при эксплуатации, но и монтаже, ремонте, транспортировании и хранении.

#### **Критерии безопасности**

Основной смысл критериев безопасности заключается в сохранении здоровья и жизни оператора путем ограждения его от вредных и опасных факторов, возникающих в процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники.

Безопасность сельскохозяйственных машин оценивается по следующим критериям (показателям):

- безопасность входа на рабочее место и выхода с него;
- наличие площадок, поручней и упоров для ног;
- защитные свойства кабин и каркасов;
- наличие средств обеспечения условий и безопасности труда операторов: устройства нормализации микроклимата, стеклоочистители, стеклоомыватели, ремни безопасности и т. д.;
- размеры рабочего места оператора;
- обзорность с рабочего места оператора;
- поперечная статическая устойчивость машины;
- эффективность действия рабочих тормозов;
- эффективность действия стояночных тормозов;
- безопасность и эффективность органов систем управления;
- габаритные размеры машин;
- ограждения опасных мест;
- нагрузка на управляемые колеса;
- шум на рабочем месте оператора;
- вибрация на рабочем месте;
- микроклимат на рабочем месте;
- содержание пыли в воздухе рабочей зоны;
- содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- освещенность рабочей зоны и пульта управления;
- наличие средств освещения для работы в темное время суток;
- наличие и окраска ограждений опасных мест;
- наличие и работа устройств, исключающих запуск основного двигателя при включенной передаче;
- герметичность;
- уровень звука сигнала;
- электробезопасность;
- пожаробезопасность;
- эффективность работы искрогасителя (глушителя) выпускной системы двигателя внутреннего сгорания;
- наличие и работа сигнальных устройств;
- наличие средств обеспечения безопасности узлов машин, работающих под давлением;
- безопасность перевода машины из рабочего положения в транспортное и обратно;

- безопасность присоединения и отсоединения сельскохозяйственных машин и орудий;
- наличие устройств и мест для зачаливания машины и сборочных единиц, а также мест для установки домкратов, обеспечивающих безопасность при подъеме и перемещении машины;
- наличие знаков безопасности.

### ***Безопасность входа на рабочее место и выхода с него***

Сельскохозяйственная техника должна быть сконструирована и изготовлена таким образом, чтобы обеспечить доступ на рабочее место и ко всем местам обслуживания. Использование оператором средств доступа на рабочее место или место обслуживания должно исключать риск получения травм, соскальзывания, спотыкания и падения, углы наклона средств доступа на рабочие места должны быть приемлемыми в зависимости от их типа. Положение опорных поверхностей относительно мест обслуживания должно быть таким, чтобы обеспечивать безопасность и удобство работы.

Ширина площадки для прохода к дверному проему кабины должна обеспечивать доступ оператора на рабочее место без травмирования от элементов конструкции машины и элементов ограждений.

Опорные поверхности должны быть плоскими, горизонтальными и иметь противоскользящее исполнение, а конструкция ступеней должна быть такой, чтобы исключать накопление мусора, грязи, снега и т. д.

Подножка или первая ступенька лестницы, ширина опорной поверхности подножки, глубина опорной поверхности подножки, интервал между подножками или ступеньками, расстояние по вертикали между подножкой или последней ступенькой и порогом кабины или площадкой должны быть такими, чтобы обеспечивать безопасность доступа на рабочее место оператора. Допускается использовать в качестве промежуточных подножек конструктивные элементы сельскохозяйственной техники.

### ***Наличие площадок, поручней и упоров для ног***

Средства доступа (площадки, поручни, ступеньки, лестницы и т. д.) к рабочим местам и местам обслуживания должны быть сконструированы, изготовлены и размещены таким образом, чтобы их правильное использование оператором было очевидным, без необходимости использования органов управления в качестве средств доступа. Лестницы и (или) рампы (наклонные площадки

между двумя разными уровнями) должны быть оборудованы перилами, исключающими риск падения оператора; поручни должны иметь достаточное пространство вокруг них для удобства и безопасности использования.

### ***Защитные свойства кабин и каркасов***

Тракторы, энергетические средства и самоходные шасси должны быть оборудованы защитными кабинами, обеспечивающими сохранение объема ограничения деформации при опрокидывании. Для самоходной сельскохозяйственной техники одноместная кабина и кабина с дополнительным сиденьем должна иметь минимальное рабочее пространство для оператора, рассчитанное на работу сидя, ограниченное элементами кабины и ее оборудованием при среднем по регулировкам (вертикальной, горизонтальной и по массе оператора) положении сиденья, должно позволять ему безопасно производить все предусмотренные манипуляции управления со своего сиденья. При двухместной кабине аналогичная зона ограничения деформации должна быть обеспечена и для второго рабочего места.

Малогобаритные тракторы могут быть оборудованы защитными кабинами или устройствами в виде каркасов или дуг безопасности, обеспечивающими сохранение свободного пространства (зоны) для оператора при опрокидывании трактора. При отсутствии кабины на малогобаритных тракторах и сельскохозяйственных машинах с рабочим местом оператора должна быть обеспечена защита оператора от воздействия атмосферных осадков и солнечной инсоляции.

Кабины самоходных сельскохозяйственных машин, самоходных шасси и энергетических средств должны иметь не менее двух аварийных выходов, а тракторов – не менее трех выходов, в качестве которых могут быть использованы открывающиеся проемы и (или) проемы, закрытые стеклами, которые можно разбить специально предназначенными для этого и размещенными в кабине средствами.

Аварийные выходы должны обеспечивать выход оператора (операторов) и иметь необходимые размеры для быстрой эвакуации.

### ***Наличие средств обеспечения условий и безопасности труда операторов***

Кабины самоходной сельскохозяйственной техники должны быть сконструированы, изготовлены и оборудованы так, чтобы в заданных условиях эксплуатации параметры микроклимата, концентрация пыли и уровень загазованности соответствовали установленным

нормам. Должны быть оборудованы электростеклоочистителями для очистки передних стекол, а для остальной сельскохозяйственной техники – передних и задних стекол.

Кабины сельскохозяйственных тракторов должны быть оборудованы омывателями передних стекол. В холодное время года кабины должны быть оборудованы устройствами, устраняющими запотевание и обледенение стекол в зонах, очищаемых электростеклоочистителями.

### ***Требования к рабочему месту оператора и обзорности***

Рабочее место оператора самоходной сельскохозяйственной техники должно быть оборудовано подрессоренным сиденьем со спинкой. Для соблюдения эргономичной рабочей позы конструкция сиденья со спинкой должна обеспечивать свободное размещение оператора и иметь регулировки положения сиденья, обеспечивать регулировку положения сиденья в горизонтальном и вертикальном направлениях, регулировку жесткости подрессоривания подвески сиденья в зависимости от массы оператора, а также регулировку угла наклона спинки сиденья. Сиденья в кабине самоходной сельскохозяйственной техники, за исключением кабин самоходных сельскохозяйственных машин, должны быть оснащены ремнями безопасности.

Кабины самоходной сельскохозяйственной техники должны быть снабжены футляром для аптечки первой медицинской помощи, устройствами для крепления термоса или другой емкости для питьевой воды, для верхней одежды оператора и места для хранения эксплуатационной документации. Также кабины должны быть оборудованы устройством, защищающим лицо оператора от прямых солнечных лучей.

Конструкция самоходных сельскохозяйственных для сидящего на рабочем месте оператора машин должна обеспечивать обзор следующих объектов:

- пространства рабочих зон; зон, обеспечивающих безопасность вождения;
- рабочих органов, требующих визуального контроля при выполнении технологического процесса;
- зон выгрузки технологического продукта в транспортное средство;

– элементов конструкции сельскохозяйственной техники, служащих для навески и сцепки с машинами и орудиями, необходимыми для выполнения технологического процесса и находящимися в рабочем положении;

– габаритных точек сельскохозяйственной техники, необходимых для ее управления, в том числе маркера.

Для самоходных сельскохозяйственных машин углы обзора через окна кабин должны обеспечивать обзор по ходу движения.

Кабины самоходной сельскохозяйственной техники, которая может перемещаться в транспортном потоке, должны быть оборудованы наружными зеркалами заднего вида слева и справа. Допускается оборудовать кабины наружным зеркалом заднего вида только слева.

Сельскохозяйственные колесные и гусеничные трактора должны быть сконструированы и оборудованы таким образом, чтобы во время дорожного движения и сельскохозяйственных работ у оператора было достаточное поле обзора во всех обычных условиях дорожного движения и работы в поле.

### ***Устойчивость машин***

Сельскохозяйственная техника должна быть сконструирована и изготовлена таким образом, чтобы сохранялась ее устойчивость без риска опрокинуться при соблюдении заданных условий эксплуатации. Если требуемая устойчивость сельскохозяйственной техники при движении или в стационарном положении может быть достигнута только применением специальных мер или применением специальных устройств, это должно быть указано непосредственно на сельскохозяйственной технике и (или) в руководстве по эксплуатации.

Сельскохозяйственная техника, которая может опрокинуться в результате изменения положения центра тяжести, должна быть оборудована средствами предотвращения такой опасности.

Прицепные, полуприцепные и полунавесные сельскохозяйственные машины, установленные в отцепленном состоянии, должны сохранять устойчивость при приложении к ним усилий не менее 200 Н. Одноосные прицепные сельскохозяйственные машины должны иметь регулируемую опору на сцепном устройстве.

### ***Эффективность действия тормозных систем***

Эффективность работы тормозных систем самоходной сельскохозяйственной техники должна отвечать требованиям, касающимся замедления движения, остановки, торможения и стоянки при

различных условиях эксплуатации. Допускается оценивать эффективность работы тормозных систем сельскохозяйственной техники по величине тормозного пути. Тормозные системы должны обеспечивать эффективность и безопасность работы в течение регламентированного срока службы при обеспечении выполнения регулировок, предусмотренных эксплуатационными документами.

Прицепы, полуприцепы тракторные, машины сельскохозяйственные на базе шасси тракторных прицепов (или полуприцепов), движение которых может осуществляться по дорогам общей сети, должны быть оборудованы рабочими и стояночными тормозными системами, а также несъемными предохранительными цепями (тросами). Остальные прицепные и полуприцепные сельскохозяйственные машины должны быть оборудованы рабочими и стояночными тормозами. Допускается не оборудовать рабочими тормозами прицепные и полуприцепные сельскохозяйственные машины, масса которых не превышает 50 % массы трактора, энергетического средства или самоходной сельскохозяйственной машины.

Привод рабочих тормозов прицепов и полуприцепов тракторных, прицепных, полуприцепных и полунавесных сельскохозяйственных машин должен быть пневматическим, работающим по однопроводной схеме, управляемый с рабочего места оператора трактора или энергетического средства.

Привод стояночного тормоза должен располагаться на сельскохозяйственной машине.

Конструкция пневматического привода тормозов должна обеспечивать торможение и остановку сельскохозяйственной машины в случае аварийного отцепления ее от энергетического средства. Стояночный тормоз должен удерживать сельскохозяйственную технику на уклоне. Для самоходной сельскохозяйственной техники, прицепов и полуприцепов тракторных и оборудования на базе шасси при прямолинейном движении и в процессе торможения на дороге с твердым покрытием непрямолинейность движения должна быть не более 0,5 м.

Тракторы, энергетические средства, предназначенные для буксировки прицепов, полуприцепов и сельскохозяйственных машин на базе прицепов и полуприцепов, должны иметь пневматическую систему управления тормозами.

### ***Безопасность и эффективность органов систем управления***

Органы управления сельскохозяйственной техники должны быть выполнены так, чтобы их форма, размеры и поверхности контакта соответствовали способу приложения управляющего усилия со стороны кистей рук и стоп ног оператора и были расположены в зоне досягаемости. Расстояние между рычагами управления, размеры площадок педалей управления, расстояние между кромками площадок рядом расположенных не блокируемых педалей, угол разворота оси симметрии опорных площадок педалей, приводимых в действие стопой ноги, по отношению к продольной оси самоходной сельскохозяйственной техники, должны обеспечивать свободное и безопасное манипулирование органами управления.

Система управления должна надежно и безопасно функционировать при всех штатных режимах работы и допустимых внешних воздействиях, предусмотренных условиями эксплуатации. Последовательность управляющих действий оператора должна быть приведена в руководстве или инструкции по эксплуатации. Конструкция системы управления должна исключать создание опасных ситуаций из-за нарушения оператором последовательности управляющих действий.

При наличии в системе управления переключателя режимов функционирования сельскохозяйственной техники каждое положение переключателя должно соответствовать только одному режиму и фиксироваться в каждом из положений, если отсутствие фиксации может привести к созданию опасной ситуации.

Регулирование сельскохозяйственных машин на ходу может производиться только с рабочего места оператора трактора, энергетического средства или оператора машины.

На рабочем месте оператора сельскохозяйственной техники должны быть нанесены надписи, символы, схемы и другие средства, содержащие необходимую информацию по положению органов управления и последовательности проведения операций управления.

Система управления должна содержать необходимые средства сигнализации и информации, предупреждающие о нарушениях функционирования сельскохозяйственной техники в целом или ее отдельных частей, если такие нарушения могут привести к возникновению опасных ситуаций.

Сигнальные устройства, предупреждающие об опасности, должны быть выполнены и расположены так, чтобы их сигналы были различимы и слышны в производственной обстановке всем лицам.

Система управления должна содержать средства экстренного торможения и (или) аварийного останова (выключения), если это необходимо исходя из требования безопасности.

Система управления несколькими единицами сельскохозяйственной техники, выполняющими один технологический процесс и составляющими технологический комплекс, должна исключать возникновение опасности в результате совместного функционирования всех единиц технологического комплекса, а также в случае выхода из строя какой-либо его единицы.

Центральный пульт управления технологическим комплексом должен быть оборудован сигнализацией, мнемосхемой или другими средствами отображения информации о нарушениях нормального функционирования всех единиц производственного оборудования, составляющих технологический комплекс, средствами аварийного останова (выключения) всего технологического комплекса, а также отдельных его единиц, если аварийный останов отдельных единиц не приведет к усугублению аварийной ситуации.

Конструкция системы рулевого управления самоходной сельскохозяйственной техники должна:

- препятствовать внезапным движениям рулевого колеса, вызванным ударными воздействиями на ведущие колеса;
- обеспечивать управление движением в случае выхода из строя усилителей.

Конструкция рулевых колес самоходной сельскохозяйственной техники должна позволять регулировать их установку по высоте (вдоль оси рулевой колонки) бесступенчато или с фиксацией в определенных положениях. Расстояние между неподвижными частями сельскохозяйственной техники и рулевым колесом должно обеспечивать свободное и безопасное перемещение кистей рук оператора. Угол расположения плоскости рулевого колеса относительно горизонтальной плоскости для самоходной сельскохозяйственной техники должен быть в таких пределах, в которых обеспечивается безопасная работа оператора как сидя, так и в положении стоя.

Люфт рулевого колеса самоходной сельскохозяйственной техники при работающем двигателе должен обеспечивать ее безопасное управление.

Допустимые значения сил сопротивления, которые необходимо применить для перемещения органов управления при воздействии на них руками и ногами, не должны превышать значений, создающих риск причинения вреда здоровью оператора.

В случае экстренного останова сельскохозяйственной техники повторное ее включение должно быть произведено после приведения средств экстренного останова в первоначальное положение.

Конструкция и исполнение органов управления самоходной сельскохозяйственной техники должна исключать возможность самопроизвольного включения или выключения передач и приводов рабочих органов. Если система управления имеет несколько органов управления, осуществляющих пуск нескольких единиц сельскохозяйственного оборудования или ее отдельных частей, и нарушение последовательности их использования может привести к созданию опасных ситуаций, то система управления должна включать сигнальные устройства и блокировки, исключающие запуск этого оборудования в непредусмотренной последовательности. Органы управления аварийным останом сельскохозяйственной техники должны быть окрашены в красный цвет, отличаться формой и размерами от других органов управления.

Органы управления, предназначенные для блокировки (защиты) от несанкционированного (случайного) включения и отключения рабочих органов сельскохозяйственной техники при их работе, окрашиваются в желтый цвет. При наличии в системе управления переключателя режимов функционирования сельскохозяйственной техники, каждое положение переключателя должно соответствовать только одному режиму, и положение переключателя фиксируется в каждом из этих положений.

### ***Габаритные размеры машин***

Габаритные транспортные размеры сельскохозяйственной техники при движении по автодорогам общей сети не должны соответствовать значениям, превышение которых способствует созданию препятствий для ее перемещения и возникновению аварийных ситуаций. Для колесных тракторов класса 5 и выше допускается увеличение ширины до 3,1 м. Самоходная сельскохозяйственная техника, габаритная ширина которой в транспортном положении превышает 2,5 м, должна быть оборудована проблесковым маячком желтого или оранжевого цвета (кроме машин, обозначенных знаком «автопоезд»).

Высота загрузочных отверстий технологических емкостей и других мест (например, бункеров туковысевающих аппаратов, зерновых ящиков и т. п.) сельскохозяйственной техники, загружаемых вручную, не должна превышать 1,0 м от опорной поверхности для ног.

### ***Ограждения опасных мест***

Защитные ограждения, обеспечивающие безопасность при работе с сельскохозяйственной техникой, должны не препятствовать выполнению технологического процесса и иметь конструкцию, обеспечивающую их безопасное применение.

Самоходная сельскохозяйственная техника должна быть оборудована защитными крыльями.

Конструкция защитного кожуха карданного вала в сочетании с защитными козырьками вала отбора мощности трактора и вала приема мощности сельскохозяйственных машин должны обеспечивать взаимное перекрытие для безопасных условий работы оператора.

Если нахождение оператора в опасной зоне недопустимо, должны использоваться управляемые защитные ограждения, конструкция которых исключает нахождение оператора или частей его тела в опасной зоне или между опасной зоной и защитным ограждением.

Элементы конструкции сельскохозяйственной техники не должны иметь острых углов, кромок и поверхностей с неровностями, представляющими опасность травмирования оператора. Для защиты оператора от опасности быть травмированным при случайном контакте с острыми подвижными элементами сельскохозяйственной техники должны быть установлены ограждения или барьеры.

Загрузочные отверстия размером более 300 мм, расположенные в местах возможного нахождения оператора, должны иметь решетчатые съемные ограждения.

### ***Нагрузка на управляемые колеса***

Нагрузка на управляемые колеса самоходной сельскохозяйственной техники должна быть достаточной для безопасного управления при всех заданных условиях эксплуатации.

### ***Шум на рабочем месте оператора***

Допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте оператора сельскохозяйственной техники при работе без средств индивидуальной защиты органов слуха устанавливаются в зависимости от сроков утверждения технического задания

на проектирование сельскохозяйственной техники. Если техническое задание утверждено до 2009 г. включительно, то: максимально допустимый уровень звука на рабочем месте оператора – не более 85 дБА; максимально допустимый уровень звука на рабочем месте оператора сельскохозяйственной техники с применением средств индивидуальной защиты органов слуха – не более 89 дБА. Если техническое задание утверждено в 2010 г. и последующие годы, то: максимально допустимый уровень звука на рабочем месте оператора – не более 80 дБА; максимально допустимый уровень звука на рабочем месте оператора сельскохозяйственной техники с применением средств индивидуальной защиты органов слуха – не более 85 дБА. Сельскохозяйственная техника должна быть укомплектована соответствующими средствами индивидуальной защиты, если уровень звука на рабочем месте оператора сельскохозяйственной техники находится в пределах от 80 до 89 дБА.

### ***Вибрация на рабочем месте***

Сиденье и органы управления сельскохозяйственной техникой должны быть сконструированы и изготовлены таким образом, чтобы риски от вибрации были минимальными. Работа с сельскохозяйственной техникой, генерирующей уровни вибрации, превышающие нормируемые более чем на 12 дБ (в 4 раза) по интегральной оценке или в какой-либо октавной полосе, не допускается. Уровень широкополосных электромагнитных помех для сельскохозяйственной техники с двигателем внутреннего сгорания с искровым зажиганием или приводом с коллекторным электродвигателем должен быть сконструирован таким образом, чтобы избежать всех потенциальных рисков, связанных с этими помехами.

### ***Микроклимат на рабочем месте***

Кабины самоходной сельскохозяйственной техники должны быть оборудованы системой устройств по предотвращению поступления тепла от внешних источников (теплоотражающие, тонированные стекла, теплоизолирующие материалы и др.), по удалению избыточного тепла (фильтровентиляционные установки, воздухоохладители, кондиционеры и др.) и по обогреву кабины в холодный период.

Температура воздуха в кабинах в холодный и переходный период должна быть не ниже +14 °С и не выше +21 °С при относительной

влажности 30–75 % и скорости движения воздуха до 0,3 м/с. В теплый период температура воздуха в кабине не должна больше чем на 3 °С превышать температуру наружного воздуха. Верхним допустимым пределом являются значения температуры, равные +28 °С при относительной влажности 30–60 % и скорости движения воздуха до 0,8 м/с. Перепад температуры воздуха по вертикали – не более 4 °С.

При локализованной подаче воздуха на тело оператора (воздушное душирование) разрешается повышение температуры воздуха в кабине до +29 °С при скорости воздушного потока 0,9–1,2 м/с; до +30 °С – при скорости потока 1,3–1,6 м/с и до +31 °С – при скорости потока 1,7–2,0 м/с. Температура в центре душирующего потока должна быть ниже температуры воздуха в кабине не более чем на 5 °С. При воздушном душировании подача воздуха на рабочее место должна осуществляться сверху-спереди на грудь оператора.

Температура внутренних поверхностей кабины в холодный период не должна быть более чем на 3 °С ниже температуры воздуха в кабине, в теплый период – не выше +35 °С, за исключением стекол.

### ***Содержание пыли в воздухе рабочей зоны***

Системы вентиляции кабины должны обеспечивать предварительную очистку подаваемого воздуха от пыли. Для предотвращения проникновения пыли в кабину избыточное давление должно быть не менее 58,3 Н/м (6 мм вод. ст.) в закрытой кабине.

Фильтры системы очистки воздуха от пыли должны устанавливаться снаружи кабины, легко заменяться, очищаться и обеспечивать требуемую степень очистки воздуха в течение рабочей смены.

Сельскохозяйственная техника для перевозки, смешивания и раздачи пылящих технологических материалов в незакрытых кузовах и емкостях должна иметь устройства или приспособления, предотвращающие пылевыделение.

### ***Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны***

Значения выбросов вредных веществ двигателями с воспламенением от сжатия, предназначенными для установки на самоходной сельскохозяйственной технике, не должны превышать: значений, установленных для двигателей, поставленных на серийное производство до вступления в силу технического регламента; значений, установленных для вновь проектируемых и модернизируемых двигателей.

### *Освещенность рабочей зоны и пульта управления*

Сельскохозяйственные тракторы должны быть оборудованы устройствами освещения и световой сигнализации. Система освещения самоходной сельскохозяйственной техники должна обеспечивать необходимый уровень освещенности рабочих зон. Самоходные сельскохозяйственные машины, самоходные шасси и энергетические средства должны быть оборудованы фарами. Количество фар и их расположение должно обеспечивать безопасность выполнения рабочего процесса в темное время суток и при транспортных переездах.

Самоходные сельскохозяйственные машины, самоходные шасси и энергетические средства должны иметь рабочую и транспортную системы освещения. Системы освещения должны включаться независимо друг от друга.

Рабочая система освещения самоходной сельскохозяйственной техники должна обеспечивать освещенность участка поля при выполнении технологической операции, а транспортная – дороги.

Устройства освещения самоходной сельскохозяйственной техники должны устанавливаться так, чтобы их прямой или отраженный свет не мешал оператору.

Рекомендуемая освещенность, обеспечиваемая совместно с рабочей и транспортной системой освещения тракторов и энергетических средств, должна обеспечивать освещенность рабочих зон в переднем и заднем направлениях.

Кабины самоходной сельскохозяйственной техники должны быть оборудованы плафонами внутреннего освещения с автономным включением и обеспечивать освещенность на уровне пульта управления и панели приборов.

Прицепные, полуприцепные, полунавесные и навесные сельскохозяйственные машины, ширина которых превышает габариты трактора или энергетического средства, должны быть оборудованы световозвращателями. Задние световозвращатели должны быть красного, передние – белого цвета. Расположение световозвращателей должно обеспечивать их видимость и идентификацию. Прицепные, полуприцепные, полунавесные и навесные сельскохозяйственные машины, которые при агрегатировании с трактором или энергетическим средством закрывают приборы световой сигнализации трактора

или энергетического средства, должны оборудоваться собственными приборами световой сигнализации.

Прицепы и полуприцепы тракторные должны быть оборудованы приборами световой сигнализации, обеспечивающими их движение по дорогам общей сети.

Расположение устройств освещения и световой сигнализации на сельскохозяйственной технике должно обеспечивать их четкую видимость и идентификацию.

### ***Наличие и работа устройств, исключаящих запуск основного двигателя при включенной передаче***

Система пуска двигателя должна приводиться в действие с рабочего места оператора. Должно быть предусмотрено устройство, блокирующее запуск двигателя при включенной передаче трансмиссии, а также привода рабочих органов и механизмов сельскохозяйственной техники.

### ***Герметичность***

Конструкция пневмо-, гидро-, вакуумсистем и систем паро- и газоснабжения должна исключать деформацию и нарушение герметичности соединений. Конструкция систем сельскохозяйственной техники должна исключать каплепадение масла, топлива и охлаждающей жидкости.

### ***Уровень звука сигнала***

Уровень звука сигнала, информирующего оператора о неисправности узлов или нарушении технологического процесса, измеренный внутри кабины самоходной сельскохозяйственной техники, должен быть не менее чем на 6 дБА выше уровня шума в кабине.

Самоходная сельскохозяйственная техника должна иметь звуковой сигнал с включением из кабины и штепсельный разъем для подсоединения проводки системы сигнализации агрегируемой сельскохозяйственной машины. Уровень звука сигнала должен быть не менее чем на 8 дБА выше уровня звука внешнего шума.

### ***Электробезопасность***

Технические средства и способы обеспечения электрической безопасности сельскохозяйственной техники должны соответствовать требованиям, исключаящим риск причинения вреда жизни

и здоровью оператора сельскохозяйственной техники при выполнении работ по эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и утилизации сельскохозяйственной техники с электроприводом.

Электрические приводы сельскохозяйственной техники должны быть оснащены устройствами отключения электрического оборудования от сети питания с ручным управлением. Ручка устройства отключения электрического привода должна иметь свободный доступ и находиться в пределах эргономической зоны оператора.

Устройство отключения электрического оборудования должно иметь только одно положение – «отключение напряжения» и одно положение – «включение напряжения», четко обозначенные знаками «О» и «I». Размещение электрической проводки на сельскохозяйственной технике должно исключать механические воздействия, перегрев, воздействие агрессивных сред, которые могут привести к нарушениям целостности изоляции, и не создавать неудобства в работе операторов.

Электрическое оборудование должно быть сконструировано, изготовлено и оборудовано таким образом, чтобы предотвратить возникновение любых опасностей, связанных с применением электроэнергии.

Прекращение, повторное включение электрического питания приводов сельскохозяйственной техники после перерыва электрического питания не должны приводить: к непреднамеренному пуску приводов сельскохозяйственной техники; невыполнению уже выданной команды на останов приводов сельскохозяйственной техники; задержке автоматического или ручного останова движущихся частей сельскохозяйственной техники; к выходу из строя защитных приспособлений.

Электрическое оборудование сельскохозяйственной техники должно исключать самопроизвольное включение приводов при восстановлении прерванной подачи электрической энергии.

Электрические приборы, кабели и провода, предназначенные для электропривода рабочих органов и (при наличии) электропривода ходовой части сельскохозяйственной техники, должны быть помещены в шкафах или закрываемых нишах с дверцами. Дверцы шкафов и ниш должны закрываться (открываться) с помощью ключа.

На дверцах шкафов с электрическим оборудованием с рабочим напряжением более 42 В, а также кожухах, закрывающих электрическое

оборудование, должны быть нанесены предупреждающие знаки об опасности поражения электрическим током.

Питание электрических приводов, установленных на движущихся частях сельскохозяйственных машин и оборудования, а также передвижных сельскохозяйственных машин, должно осуществляться при помощи кабеля, устойчивого к многократным перегибам и истиранию, с разъемными соединениями или специальными токосъемниками.

Напряжение питания цепей управления электрических приводов стационарных и передвижных сельскохозяйственных машин должно быть не более 230 В переменного напряжения.

Напряжение питания цепей управления электрическим приводом сельскохозяйственной техники, предназначенной для использования в условиях высокой влажности, наличии агрессивных сред, должно быть не более 42 В переменного напряжения.

Корпуса, рамы и другие несущие конструкции сельскохозяйственной техники с установленным на них электрооборудованием должны иметь защитное заземление или зануление.

Электрическое сопротивление, измеренное между устройством крепления заземляющих элементов (болтом, винтом и другими средствами) и любой, доступной для прикосновения металлической нетоковедущей частью сельскохозяйственной техники, которая может оказаться под напряжением, не должно превышать 0,1 Ом.

Самоходная сельскохозяйственная техника должна быть оборудована устройством для подключения переносной лампы мощностью не менее 20 Вт.

Самоходная сельскохозяйственная техника должна быть оборудована семиконтактным разъемом для присоединения внешних потребителей, в том числе устройств сигнализации. Соединение электрооборудования сельскохозяйственной техники с общим проводом («массой») с помощью выключателя должно обеспечиваться с рабочего места оператора.

Аккумуляторные батареи должны быть размещены вне кабины в местах, исключающих механические повреждения и попадание на них токопроводящих материалов, горючего технологического материала и скопления газов. Отсек для установки аккумуляторной батареи должен иметь вентиляционные и дренажные отверстия.

Во всех электрических цепях сельскохозяйственной техники, за исключением цепи системы запуска двигателя, должна быть

установлена защита от перегрузок и короткого замыкания. В случае перегрузки по технологическим причинам устанавливается защита от перегрузки, обеспечивающая автоматическую разгрузку или отключение. Клеммы электропроводов должны быть защищены изолирующим материалом, кроме клемм, подключаемых к «массе» сельскохозяйственной техники.

### ***Пожарная безопасность***

Самоходная сельскохозяйственная техника, стационарные сельскохозяйственные машины и оборудование должны быть оснащены устройствами для крепления необходимых средств пожаротушения, которые должны быть размещены и закреплены в доступных местах.

В местах возможного скопления горючего технологического продукта не допускается сухого трения и соударения деталей, приводящих к возгоранию.

### ***Эффективность работы искрогасителя (глушителя) выпускной системы двигателя внутреннего сгорания***

Конструкция сельскохозяйственной техники, ее элементов, выпускной системы двигателя должны исключать прорыв отработавших газов, искр и пламени, контакт горячих частей с горючими и взрывоопасными веществами, которые могут явиться причиной возникновения пожара и (или) взрыва. Для двигателей малогабаритных тракторов струя выхлопных газов должна быть направлена в сторону от рабочей зоны оператора. Если назначение сельскохозяйственной техники и (или) условия ее эксплуатации не могут полностью исключить контакт оператора с переохлажденными или горячими его частями, то эксплуатационная документация должна содержать требование об использовании необходимых средств индивидуальной защиты. Части сельскохозяйственной техники, которые в процессе эксплуатации могут нагреваться до значений температуры свыше 70 °С, должны быть ограждены. Данное требование не распространяется на устройство уменьшения звука выхлопа и отвода отработавших газов двигателей.

### ***Наличие и работа сигнальных устройств***

Конструкция сельскохозяйственной техники должна иметь сигнализацию, предупреждающую о пуске машин и оборудования, и знаки безопасности, если функциональное назначение движущихся частей не допускает использование ограждений.

Технологические емкости должны быть оборудованы уровнемерами или устройствами контроля уровня заполнения.

Части сельскохозяйственных машин, которые в процессе работы подвержены забиванию (наматыванию) технологическим материалом или посторонними предметами, должны быть оборудованы ограждениями, реверсированием, автоматическим отключением, сигнализацией и очисткой.

Сельскохозяйственная техника, имеющая рабочее место оператора и (или) сельскохозяйственная техника, управляемая дистанционно, должна иметь систему звуковой и (или) световой сигнализации для информирования оператора о функционировании рабочих органов, заполнении бункера или других накопителей и иметь ориентир на выгрузном устройстве для водителей транспортных средств.

#### ***Наличие средств обеспечения безопасности узлов машин, работающих под давлением***

Технологические емкости, работающие под давлением, для предотвращения взрыва или разрыва должны иметь предохранительные клапаны. При наличии объемных насосов в нагнетательной системе должен быть предусмотрен предохранительный клапан и манометр.

#### ***Безопасность перевода машины из рабочего положения в транспортное и обратно***

Перевод сельскохозяйственных машин, а так же рабочих органов (адаптеров) самоходных сельскохозяйственных машин и энергетических средств в транспортное и рабочее положение должен обеспечиваться с рабочего места оператора самоходной сельскохозяйственной техники.

#### ***Безопасность присоединения и отсоединения сельскохозяйственных машин и орудий***

Конструкция сельскохозяйственных машин должна обеспечивать возможность их навески и подсоединения к трактору или энергетическому средству одним оператором. Машины сельскохозяйственные прицепные и полуприцепные должны иметь жесткие прицепные устройства. Полуприцепы (шасси полуприцепов) должны

иметь на прицепном устройстве опору, обеспечивающую их устойчивость в отцепленном состоянии. Опора должна быть регулируемая по высоте. Прицепы тракторные и прицепные сельскохозяйственные машины, оборудованные дышлом, должны иметь устройство, поддерживающее сцепную петлю дышла в положении, облегчающем сцепку и расцепку с тягово-сцепным устройством трактора, энергетического средства и самоходной сельскохозяйственной машины.

Гидросистемы сельскохозяйственных машин должны соединяться с гидросистемами тракторов и энергетических средств с помощью разрывных муфт.

***Наличие устройств и мест для зачаливания машины и сборочных единиц, а также мест для установки домкратов***

Сельскохозяйственная техника и ее элементы, имеющие массу более 20 кг, должны быть оборудованы приспособлениями для захвата подъемными устройствами. В эксплуатационных документах на сельскохозяйственную технику должна быть приведена схема присоединения для грузоподъемных средств и указана поднимаемая масса.

Места присоединения для грузоподъемных средств, а также места для установки домкратов должны быть обозначены.

***Наличие знаков безопасности***

На видных местах элементов конструкции сельскохозяйственной техники должны быть нанесены надписи и (или) символы или укреплены таблички с надписями и (или) символами по технике безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, а также положению рычагов безопасности.

## **Контрольное задание по теме занятия**

Выполнить анализ соответствия сельскохозяйственной машины (по выбору преподавателя) критериям безопасности в следующей последовательности:

а) изучив дополнительную литературу, предложенную преподавателем, ознакомиться с устройством и особенностями эксплуатации сельскохозяйственной машины;

б) изобразить опасные зоны (зоны риска), характерные для данной машины (на примере рис. 4.1).

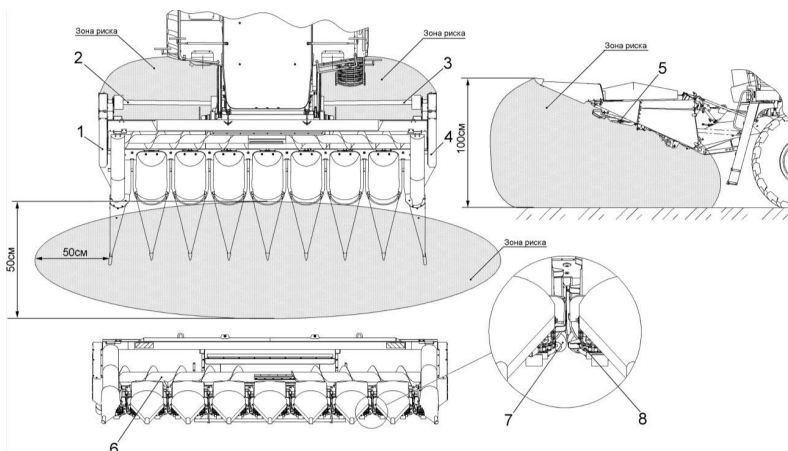


Рис. 4.1. Зоны риска при работе жатки:

- 1, 4 – приводы цепные за боковой обшивкой; 2, 3 – валы карданные;  
 5 – аппараты режуще-измельчающие; 6 – шнек;  
 7 – валцы початкоотделяющие; 8 – цепи подающие

в) проанализировать возможные опасности и риски для персонала, обслуживающего данную машину (на примере табл. 4.1);

Таблица 4.1

Возможные опасности в зонах риска

Оборудование, элементы машины, создающие опасность	Опасность
Початкоотделяющие валцы, подающие цепи	Опасность зацепления, закручивания
Шнек	Опасность пореза и закручивания
Боковая обшивка	Опасность ушиба, защемления
Боковые цепные приводы	Опасность зацепления, закручивания
Валы карданные	Опасность закручивания
Пространство между комбайном и жаткой	Опасность придавливания, отталкивания
Режуще-измельчающие аппараты	Опасность ушиба выбрасываемыми камнями, измельченными частями стеблей
Обшивка и делители	Опасность скольжения и спотыкания
Поднятая жатка	Опасность ушиба, придавливания при аварийном самопуске жатки

г) провести анализ соответствия конструкции машины критериям безопасности.

По результатам анализа заполнить таблицу 4.2

Таблица 4.2

Результаты анализа

Критерий безопасности	Оценка конструкции (соответствие паспорту машины и нормативным требованиям)	Заключение и предлагаемые мероприятия
1. Наличие ограждений опасных мест		
2. Применение предохранительных и защитных средств		
— « —		

## Практическое занятие № 5

### РАСЧЕТ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРОВ САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

**Цель занятия:** изучить методы и средства вибрационной защиты на мобильной сельскохозяйственной технике и методику расчета эффективности виброизоляции рабочих мест операторов мобильных сельскохозяйственных машин.

#### **Задачи занятия:**

1. Ознакомиться с общими сведениями о вибрациях, действующих на операторов мобильных сельскохозяйственных машин.
2. Изучить способы снижения вибраций кабин и двигателей мобильных сельскохозяйственных машин.
3. Овладеть практическими навыками расчета эффективности виброизоляции рабочих мест операторов мобильных сельскохозяйственных машин.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Произвести расчет виброизоляции сиденья оператора самоходной сельскохозяйственной машины (по вариантам, указанным преподавателем).
3. Оформить отчет.
4. Проверить знания по теме занятия, ответив на контрольные вопросы.

#### **Общие положения**

Во время работы мобильных сельскохозяйственных машин, при наличии неуравновешенных динамических сил в их элементах возникают периодические незатухающие вынужденные колебания – вибрация.

Операторы мобильных машин подвергаются комбинированному воздействию общей и локальной вибрации сложного характера.

*Локальная вибрация* передается через руки, воздействует на ноги оператора мобильной машины, предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями.

Источниками локальной вибрации при работе на сельхозтехнике являются органы управления машинами.

*Общая вибрация* передается через опорные поверхности на тело оператора.

Источниками вибрации являются работа двигателя, ходовая часть и непосредственно движение по неровной поверхности (агрофону). Работа двигателя создает высокочастотную вибрацию, наибольшие уровни которой находятся в пределах октавных полос со среднегеометрическими частотами 31,5–125 Гц. Эта вибрация, как правило, не превышает допустимых уровней. Она рассматривается как общая, поскольку передается через сиденье и пол на весь организм, и одновременно как локальная, поскольку через рулевое колесо и рычаги управления она передается на руки оператора.

Ходовая часть и движение по неровному агрофону создают преимущественно общую вертикальную и, частично, горизонтальную вибрацию. Наибольшие уровни ее на тракторах и сельскохозяйственных машинах при выполнении полевых работ находятся в пределах 2–5 Гц. Эти частоты соответствуют резонансным, и уровни вибрации могут превышать предельно допустимые. Наибольшее превышение отмечается на гусеничных тракторах, т. к. гусеница плохо гасит колебания, и подвеска на этих машинах менее совершенна, чем на колесных тракторах.

В процессе эксплуатации машин по причине износа отдельных деталей и механизмов параметры вибрации возрастают.

Движение сельскохозяйственных машин по неровному рельефу, преодоление препятствий в виде камней, глубоких рытвин и т. п. сопровождается появлением аperiodических толчков различной амплитуды и жесткости. Параметры толчкообразных колебаний могут достигать значительных величин, в 5–10 раз выше нормируемых. Им принадлежит определяющая роль в развитии неблагоприятных последствий длительного действия механических колебаний на операторов.

Снижение вибрационной нагрузки на оператора мобильных машин является сложной комплексной задачей, которая предполагает использование современных виброзащитных систем. С позиции охраны труда научный и практический интерес представляют не только решение общетеоретических проблем динамики управляемых виброзащитных систем, но и отработанные инженерные методики расчета перспективных моделей и средств виброзащиты прерывистого действия. Это и предопределяет актуальность выбранного направления исследования.

### ***Виброизоляция двигателей, кабин тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин***

При определенных режимах работы двигателя трактора (машины) могут возникнуть опасные вибрации с резким возрастанием амплитуд и динамических напряжений, приводящие к снижению сроков службы деталей, ослаблению соединений, увеличению шума в кабине трактора, повреждению приборов и т. д. Поэтому необходимо устранять опасные колебания на всем рабочем диапазоне. Такую задачу можно решить различными способами.

Неуравновешенные силы инерции и их моменты первого порядка уменьшают введением балансировки деталей и применением уравновешивающих грузов. Для уменьшения вредного влияния неуравновешенных сил инерции второго порядка в тракторных двигателях применяют уравновешивающие механизмы. Практика показывает, что вибрации деталей и узлов при этом существенно уменьшаются.

Однако, несмотря на принципиальную уравновешенность двигателя с уравновешивающим механизмом, из-за неточностей изготовления, недостаточной жесткости деталей механизма в спектре вибраций остаются гармонические вибрации с частотным составом сил инерции второго порядка. В результате, несмотря на ряд мер по уменьшению сил инерции первого и второго порядков, вибрации трактора остаются достаточно большими.

Вибрация может иметь место и в теоретически уравновешенных конструкциях из-за искажения формы основных деталей (коленчатого вала, картера) под действием рабочих нагрузок. Поэтому для тракторов применяют балансировку всего двигателя в сборе, снижающую уровень вибрации на 30–40 %.

Эффективным методом снижения вибрации является изменение соотношения между частотой собственных колебаний системы и частотой возмущающих сил, т. е. такая перестройка системы, при которой исключаются опасные резонансные колебания.

Этот метод снижения вибраций получил название виброизоляции.

Введение виброизоляции существенно уменьшает вибрации деталей и узлов трактора по сравнению с жесткой установкой двигателя на раму.

Различают два вида виброизоляции: активную и пассивную. При активной виброизоляции необходимо уменьшить динамическую силу, передаваемую на опорную конструкцию. Целесообразно применять активную виброизоляцию, например, при защите деталей трактора от действия неуравновешенных сил инерции двигателя. Пассивная виброизоляция предполагает уменьшение амплитуды колебаний объекта, установленного на вибрирующем теле. Применительно к тракторам пассивная виброизоляция требуется, например, для приборов электрооборудования кабины трактора.

Примером пассивной виброизоляции является установка кабины на упругие виброизоляторы. Необходимость упругой установки кабины трактора вызвана наличием сильной вибрации пола и стенок кабины, приводящей к их поломкам и ухудшению условий работы.

При выборе параметров виброизоляции кабины необходимо в первую очередь оценить частотный состав колебаний со стороны рамы трактора.

Рама трактора имеет сложный спектр колебаний, состоящий из колебаний из-за неуравновешенности сил инерции двигателя, колебаний, возникающих от карданной передачи, от пересопряжения зубьев в трансмиссии, от пересопряжения ведущей звездочки с гусеничной цепью и колебаний рамы при движении трактора по неровностям.

Наименьшей частотой является частота колебаний рамы от неровностей почвы. Она находится в пределах 2–4 Гц. Осуществить виброизоляцию при частоте собственных колебаний кабины ниже 2 Гц технически сложно. Поэтому необходимо выбирать такую частоту собственных колебаний, при которой не было бы усиления колебаний на частотах 2–4 Гц.

Неуравновешенные силы инерции двигателя не вызывают значительных смещений его относительно рамы трактора. Эти силы

являются источниками больших виброскоростей и виброускорений: вибрационные скорости являются характеристикой звукового давления, возникающего при вибрациях, а виброускорения – динамической нагруженности деталей и узлов машины.

По экспериментальным данным, относительные смещения для некоторых двигателей равны 126–150 дБ, виброскорости – 94–130 дБ, виброускорения – 86–109 дБ.

Уровень вибраций зависит от нагрузки и частоты вращения двигателя. Увеличение частоты вращения двигателя приводит к повышению общего уровня вибрации почти всех корпусных деталей и навесных агрегатов двигателя. Как правило, зависимости общих уровней вибраций от частоты вращения имеют прямолинейный характер. Увеличение частоты вращения на каждые 100 об/мин в диапазоне от минимальной частоты холостого хода до максимальной приводит к повышению общих уровней вибрации в среднем на 1 дБ (по ускорению – 0,5–1,5 дБ, по скорости – 0,1–1,3 дБ, по перемещению – 0,1–1,0 дБ).

При исследовании вибрации двигателя широко используются не только запись изменения вибрации по амплитудным значениям, но и спектральные характеристики, т. е. распределение амплитуд вибраций в зависимости от их частотного состава. Спектральные характеристики позволяют установить источники вибраций и наметить пути их снижения.

При установке двигателя на упругие опоры необходимо проанализировать влияние на его перемещения скорости и ускорение колеблющегося остова. Частота колебаний остова трактора обычно ниже частоты изменения сил инерции двигателя и не превышает 5–6 Гц. При этом она может быть достаточно низкой – 1–2 Гц. Частоты собственных колебаний подвески двигателя должны быть не менее чем в 2–3 раза выше максимальной частоты воздействия со стороны остова трактора. В противном случае возможны резонансные режимы, при которых возникают существенные колебания двигателя относительно рамы трактора, что недопустимо.

Максимальные амплитуды колебаний двигателя относительно остова трактора имеют место при движении трактора по стерне поперек борозд.

Таким образом, принципиальный подход к выбору упругих характеристик подвески состоит в том, чтобы выбрать частоты

собственных колебаний двигателя на подвеске внутри диапазона частот воздействий со стороны остова трактора при движении по неровностям (нижняя граница) и со стороны двигателя от его неуравновешенных сил и моментов (верхняя граница). При этом указанный диапазон частот должен быть достаточно большим, чтобы виброизоляция была эффективной.

При выборе амортизаторов тракторного двигателя следует стремиться обеспечить несвязанность форм собственных колебаний двигателя на подвеске. Связанность собственных колебаний приводит к тому, что низшая частота уменьшается, а высшая увеличивается по сравнению с частотами несвязанных колебаний. Таким образом, диапазон возможных резонансных режимов в связанных системах оказывается шире, чем в несвязанных. При этом трудно выбрать частоты подвески двигателя такими, чтобы их величина была достаточно высокой по сравнению с частотой воздействия со стороны рамы трактора и достаточно низкой по сравнению с частотой воздействия со стороны неуравновешенных сил и моментов двигателя. В общем случае двигатель на подвеске представляет собой систему с шестью степенями свободы и, следовательно, имеет шесть частот собственных колебаний. Если обеспечить несвязанность колебаний всех шести форм не удастся, то следует так выбирать места расположения и величину амортизаторов, чтобы обеспечить несвязанность колебаний в направлении действия основных возмущающих факторов. В других направлениях связанность колебаний должна быть минимальной, т. е. увеличение интервала между частотами собственных колебаний должно быть минимальным.

### ***Виброизоляция рабочего места оператора***

Основным средством борьбы с неизбежной вибрацией, обеспечивающим удобную рабочую позу оператора мобильных машин, служит сиденье. Современное сиденье имеет две основные части: посадочное место (само сиденье и спинка с подголовником) и подвеску.

Посадочное место проектируется с учетом характеристик тела оператора. Но поскольку все люди отличаются исключительным разнообразием своих антропометрических данных, в конструкции сиденья должна быть предусмотрена возможность подгонки. В основном сиденье рассчитывается на некоторого среднего оператора

и имеет лишь несколько регулировок – по его весу, положению посадочного места (вперед-назад) и на угол наклона подушки и спинки.

Защита оператора от вибрации достигается двумя путями: от высокочастотной – регулировкой посадочного места, низкочастотной – подвеской (амортизацией).

Динамическая модель схемы виброзащиты сиденья представлена на рис. 5.1.

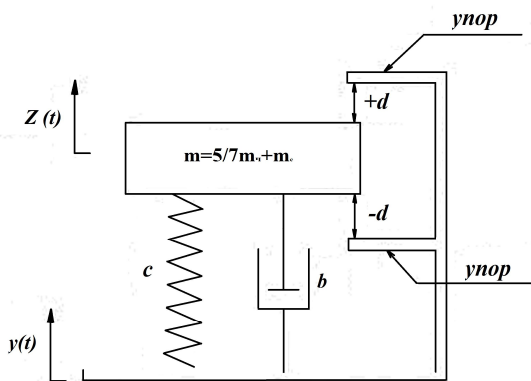


Рис. 5.1. Динамическая модель виброзащиты сиденья

Существующие способы амортизации (механический, гидравлический, электрогидравлический) позволяют в 1,5–2 раза снизить вибрацию сидений. Собственная частота колебаний рационально устроенных сидений должна быть ниже резонансных частот (2–5 Гц).

### ***Методика расчета эффективности виброизоляции рабочих мест операторов мобильных сельскохозяйственных машин***

Целью расчета виброизоляции рабочего места оператора является определение значений коэффициентов эффективности виброизоляции, значений амплитуд виброскорости (виброускорения) и виброперемещения сиденья относительно основания для каждой из гармонических составляющих полигармонического возбуждения; определение суммарных среднеквадратических значений виброскорости (виброускорения) в каждой стандартной октавной полосе частот; сравнение их с допустимыми значениями.

В качестве исходных данных для расчета виброизоляции сиденья принимают следующие условия и параметры (табл. 5.1):

Таблица 5.1

Исходные данные для расчета виброизоляции сиденья

1. Масса водителя	$m_ч$
2. Масса подрессорной части сиденья	$m_с$
3. Приведенная жесткость пружины, на которую опирается сиденье с водителем	$c$
4. Амплитуда перемещения сиденья	$y_0$
5. Коэффициент вязкого сопротивления демпфера (коэффициент демпфирования)	$b$
6. Частота	$f$

Расчет выполняют по формулам, представленным в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Формулы для расчета эффективности виброизоляции рабочего места оператора мобильной машины

Определяемый параметр	Формула
1. $m_ч^*$ – масса водителя, приходящаяся на сиденье, равна $\frac{5}{7}$ всей массы $m_ч$	$m_ч^* = \frac{5}{7} m_ч$
2. Масса оператора с сиденьем	$m = \frac{5}{7} m_ч + m_с$
3. Частота свободных колебаний	$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}$
4. Относительный коэффициент демпфирования	$D = \frac{b}{2\sqrt{c \cdot m}}$
5. Угловая частота вынужденных колебаний	$\omega = 2\pi f$
6. Отношение частоты вынужденных колебаний к частоте свободных колебаний	$v = \frac{\omega}{\omega_0}$
7. Относительный коэффициент передачи при вибрации	$T_x = \frac{v^2}{\sqrt{(1-v^2)^2 + (2Dv)^2}}$
8. Абсолютный коэффициент передачи при вибрации	$T_z = \sqrt{\frac{1 + (2Dv)^2}{(1-v^2)^2 + (2Dv)^2}}$
9. Эффективность виброизоляции	$K_{эф} = \frac{1}{T_z}$
10. Амплитуда виброскорости сиденья	$\dot{z}_0 = \omega T_z y_0$

Определяемый параметр	Формула
11. Амплитуда виброускорения сиденья	$\dot{z}_0 = \omega^2 T_z y_0$
12. Амплитуда относительного виброперемещения	$x_0 = T_x y_0$
13. Амплитуда виброскорости	$\sigma_v = \frac{\dot{z}_0}{\sqrt{2}}$
14. Амплитуда виброускорения	$\sigma_a = \frac{\ddot{z}_0}{\sqrt{2}}$
15. Эффективность виброизоляции	$L = 20 \lg \left( \frac{\sigma_v}{5 \cdot 10^{-8}} \right)$

**Пример расчета эффективности виброизоляции сиденья**  
(табл. 5.3, 5.4)

Таблица 5.3

Исходные данные

$m_{\text{ч}}$ – масса водителя	$m_{\text{ч}} = 80$ кг
$m_{\text{с}}$ – масса подпрессорной части сиденья	$m_{\text{с}} = 16,5$ кг
$c$ – приведенная жесткость пружины, на которую опирается сиденье с водителем	$c = 6520$ Н/м
$y_0$ – амплитуда перемещения сиденья	$y_0 = 0,006$ м
$b$ – коэффициент вязкого сопротивления демпфера (коэффициент демпфирования)	$b = 700$ Н·с/м
Частота $f$	$f = 4$ Гц

Таблица 5.4

Расчетные данные

Определяемый параметр	Формула
1. $m_{\text{ч}}^*$ – масса водителя, приходящаяся на сиденье, равная $\frac{5}{7}$ всей массы $m_{\text{ч}}$	$m_{\text{ч}}^* = \frac{5}{7} \cdot 80 = 57$ кг
2. Масса водителя с сиденьем	$m = \frac{5}{7} m_{\text{ч}} + m_{\text{с}} = \frac{5}{7} \cdot 80 + 16,5 = 73,5$ кг
3. Частота свободных колебаний	$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{6520}{73,5}} = 9,42$ с <sup>-1</sup>

Определяемый параметр	Формула
4. Относительный коэффициент демпфирования	$D = \frac{b}{2\sqrt{cm}} = \frac{700}{2\sqrt{6520 \cdot 73,5}} = 0,5$
5. Угловая частота вынужденных колебаний	$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 4 = 25,12 \text{ с}^{-1}$
6. Отношение частоты вынужденных колебаний к частоте свободных колебаний	$v = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{25,12}{9,42} = 2,67$
7. Относительный коэффициент передачи при вибрации	$T_x = \frac{v^2}{\sqrt{(1-v^2)^2 + (2Dv)^2}} =$ $= \frac{2,67^2}{\sqrt{(1-2,67^2)^2 + (2 \cdot 0,5 \cdot 2,67)^2}} = 1,07$
8. Абсолютный коэффициент передачи при вибрации	$T_z = \sqrt{\frac{1 + (2Dv)^2}{(1-v^2)^2 + (2Dv)^2}} =$ $= \sqrt{\frac{1 + (2 \cdot 0,5 \cdot 2,67)^2}{(1-2,67^2)^2 + (2 \cdot 0,5 \cdot 2,67)^2}} = 0,43$
9. Эффективность виброизоляции	$K_{\text{эф}} = \frac{1}{T_z} = \frac{1}{0,43} = 2,32$
10. Амплитуда виброскорости сиденья	$\dot{z}_0 = \omega T_z y_0 =$ $= 25,12 \cdot 0,43 \cdot 0,006 = 0,064 \text{ м/с}$
11. Амплитуда виброускорения сиденья	$\ddot{z}_0 = \omega^2 T_z y_0 =$ $= 25,12^2 \cdot 0,43 \cdot 0,06 = 1,62 \text{ м/с}^2$
12. Амплитуда относительного виброперемещения	$x_0 = T_x y_0 = 1,07 \cdot 0,006 = 0,0064 \text{ м}$
13. Амплитуда виброскорости	$\sigma_v = \frac{\dot{z}_0}{\sqrt{2}} = \frac{0,064}{1,41} = 0,045 \text{ м/с}$
14. Амплитуда виброускорения	$\sigma_a = \frac{\ddot{z}_0}{\sqrt{2}} = \frac{1,62}{1,41} = 1,15 \text{ м/с}^2$
15. Эффективность виброизоляции	$L = 20 \lg \left( \frac{\sigma_v}{5 \cdot 10^{-8}} \right) =$ $= 20 \lg \left( \frac{0,045}{5 \cdot 10^{-8}} \right) = 119 \text{ дБ}$

## Контрольные вопросы и задания по теме занятия

1. Что такое вибрация?
2. Какие виды вибраций влияют на оператора мобильных сельскохозяйственных машин?
3. Какими параметрами характеризуется производственная вибрация?
4. Какими техническими решениями можно снизить вибрацию, создаваемую двигателем мобильных машин?
5. Какие существуют виды виброизоляции?
6. В чем заключается принцип действия активной виброизоляции?
7. В чем заключается принцип действия пассивной виброизоляции?
8. Какие параметры рассчитываются для оценки эффективности виброизоляции рабочего места оператора мобильных сельскохозяйственных машин?
9. Выполнить расчет эффективности виброизоляции рабочего места оператора мобильной машины по вариантам (табл. 5.5).

*Таблица 5.5*

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$m_{ч}$ , кг	82	75	85	90	105	62	73	70	80
$m_{с}$ , кг	16	17	15	17	15,5	15,5	16	17,5	16
$c$ – приведенная жесткость пружины, на которую опирается сиденье с водителем, Н/с	6000	6500	7000	7500	6500	7000	6520	6520	6000
$y_0$ – амплитуда перемещения сиденья, м	0,006	0,0075	0,007	0,0055	0,005	0,006	0,0075	0,007	0,0055
$b$ – коэффициент демпфирования, Н·с/м	700	440	700	300	550	600	650	750	700
$f$ , Гц	4	4	4	4	4	4	4	4	4

## Практическое занятие № 6

### **БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛЕВЫХ РАБОТ ПРИ ВНЕСЕНИИ ПЕСТИЦИДОВ. ДОВРАЧЕБНАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ОТРАВЛЕНИИ ПЕСТИЦИДАМИ**

**Цель занятия:** изучить основные требования безопасности при проведении механизированных полевых работ по внесению пестицидов; приобрести навыки оказания доврачебной помощи при отравлениях пестицидами.

#### ***Задачи занятия:***

1. Изучить общие требования безопасности при работе с пестицидами.
2. Изучить требования безопасности при транспортировке пестицидов.
3. Изучить требования безопасности при работе с наземными машинами и аппаратурой для внесения пестицидов.
4. Изучить требования безопасности при применении пестицидов авиационным методом.
5. Изучить требования безопасности при обезвреживании машин, аппаратуры, транспортных средств после внесения пестицидов.
6. Овладеть практическими навыками оказания доврачебной помощи при отравлениях пестицидами.

#### ***Порядок выполнения работы:***

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Овладеть навыками организации безопасного транспортирования и применения пестицидов при внесении наземными машинами и средствами авиации.
3. Овладеть практическими навыками оказания доврачебной помощи при отравлениях пестицидами.
4. Оформить отчет, изложив письменно основные требования безопасности при проведении механизированных полевых работ по внесению пестицидов и порядок действий по оказанию доврачебной помощи при отравлениях пестицидами.
5. Проверить знания по теме занятия с помощью контрольных вопросов.

## **Общие положения**

Пестициды относятся к биологически активным веществам, способным действовать не только на объекты обработки (вредители, болезни, сорные растения), но и на окружающую среду и человека. Все виды работ, связанные с хранением, приготовлением и применением рабочих растворов пестицидов, имеют свои эксплуатационные особенности и требуют выполнения соответствующих мер защиты окружающей среды и работающего персонала. При этом существуют различные подходы к обеспечению безопасности условий труда человека, созданию оптимальной санитарно-гигиенической и экологической обстановки в зоне их применения. Рациональное и качественное применение пестицидов снижает не только нагрузку на экологию окружающей среды, но и обеспечивает требуемые условия труда механизаторов и обслуживающего персонала.

Работа с пестицидами относится к числу наиболее опасных для здоровья операторов, поэтому к их применению предъявляются повышенные требования безопасности, выполнение которых является необходимым условием сохранения здоровья механизаторов и обслуживающего персонала.

### ***Общие требования безопасности при работе с пестицидами***

Безопасность труда при работе с пестицидами, их транспортировке, хранении обеспечивается соблюдением Правил по охране труда при хранении, транспортировке и применении средств защиты растений в сельском хозяйстве (утв. постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 23.01.2009 г. № 5), требований Санитарных норм и правил «Требования к применению, условиям перевозки и хранения пестицидов (средств защиты растений), агрохимикатов и минеральных удобрений», Гигиенического норматива «Гигиенические нормативы содержания действующих веществ пестицидов (средств защиты растений) в объектах окружающей среды, продовольственном сырье, пищевых продуктах» (утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 27.09.2012 г. № 149).

При использовании пестицидов должны соблюдаться меры безопасности, указанные на тарных этикетках и (или) в рекомендациях по применению конкретных видов препаратов.

Персонал, непосредственно участвующий в организации и выполнении работ по применению, транспортировке, хранению пестицидов и агрохимикатов, должен иметь специальное гигиеническое обучение и профессиональную подготовку при отсутствии медицинских противопоказаний по результатам предварительных и периодических медосмотров.

За организацию проведения гигиенического обучения и воспитания и медицинских осмотров работников несет ответственность руководитель организации.

При проведении гигиенического обучения и воспитания привлекаются специалисты органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор.

Привлечение к проведению работ с пестицидами, не прошедших профессиональной подготовки, необходимых медицинских осмотров или имеющих медицинские противопоказания к работе, не допускается.

К работам с использованием пестицидов, а также на обработанные ими площади не допускаются женщины, дети и подростки в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 26 мая 2000 г. № 765 «О списке тяжелых работ и работ с вредными и (или) опасными условиями труда, на которых запрещается применение труда женщин» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000 г., № 56, 5/3336), санитарными нормами и правилами, гигиеническими нормативами, устанавливающими требования к условиям труда женщин, детей и подростков.

Работа с пестицидами осуществляется с использованием соответствующих средств индивидуальной защиты (СИЗ), указанных в тарной этикетке и (или) рекомендациях по применению конкретных видов пестицидов.

*Длительность рабочего дня* при работе с пестицидами не должна превышать 6 ч, а при работе с сильнодействующими пестицидами – 4 ч. Оставшиеся часы работник дорабатывает на участках, не связанных с пестицидами.

Во время выполнения производственных операций на рабочих местах запрещено употреблять алкогольные напитки, курить (потреблять) табачные изделия, снимать СИЗ, принимать пищу.

Для отдыха и приема пищи работников организуются специальные площадки с наветренной стороны обрабатываемой площади

и других мест применения пестицидов. Площадки оборудуются аптечкой первой медицинской помощи, бачком питьевой воды, умывальником, мылом, индивидуальными полотенцами.

Все работы по применению пестицидов регистрируются в специальном журнале учета применения пестицидов за подписью руководителя работ и должностных лиц организаций, где проводились указанные работы. Эти записи являются основанием при проверке качества работ, анализе динамики остаточных количеств пестицидов в сельскохозяйственной продукции и объектах окружающей среды.

Руководитель работ знакомит работающих с характеристикой препарата, особенностями его воздействия на организм человека, мерами предосторожности, правилами производственной и личной гигиены, с мерами оказания первой доврачебной помощи в случаях отравлений.

В дни работы с пестицидами персонал в соответствии с законодательством получает в профилактических целях молоко или равноценные пищевые продукты (постановление Совета Министров Республики Беларусь «О бесплатном обеспечении работников молоком или равноценными пищевыми продуктами при работе с вредными веществами» 27.02.2002 г. № 260).

При всех видах работ руководитель следит за соблюдением установленных регламентов применения, гигиенических требований и мер безопасности. При появлении жалоб со стороны работающего на ухудшение состояния здоровья он отстраняется от дальнейшей работы, принимаются меры по оказанию первой доврачебной помощи (при необходимости – с вызовом врача), выявлению и устранению возможных причин заболевания (отравления).

Применение пестицидов в сельскохозяйственном производстве проводится только после установления специалистами по защите растений целесообразности их применения.

На границе участков, обрабатываемых и обработанных пестицидами, должны быть выставлены единые знаки безопасности с надписью «Обработано пестицидами» на расстоянии в пределах видимости от одного знака до другого, которые должны контрастно выделяться на окружающем фоне и находиться в поле зрения людей, для которых они предназначены. Знаки убираются только после окончания срока ожидания до уборки урожая и срока ожидания до выхода людей на обрабатываемые участки.

Применение пестицидов в каждом конкретном случае проводится в соответствии с Государственным реестром, инструкцией по применению на конкретный препарат. Особое внимание при этом обращается на нормы расхода препаратов и их рабочих растворов, кратность обработок.

Не допускается превышение норм расхода и увеличение кратности обработок, указанных в Государственном реестре, применение пестицидов в период установленного срока ожидания (периода после последней обработки препарата до сбора урожая).

Осуществление работ на участках и в помещениях, где проводились обработки, допускается только после истечения установленных в Государственном реестре сроков выхода на обработанные площади.

Ответственные за проведение работ обязаны обеспечить оповещение населения близлежащих населенных пунктов, на границе с которыми размещаются подлежащие обработкам площади, о запланированных работах (за 4–5 сут) через средства массовой информации (радио, телевидение, газеты, сеть Интернет), объявления в населенных пунктах.

В целях обеспечения безопасности продукции пчеловодства и охраны пчел от воздействия пестицидов обработку участков следует проводить в поздние часы путем опрыскивания наземной аппаратурой, при этом, после предварительного оповещения через средства массовой информации за 4–5 сут о сроках, зоне и характере действия запланированных к использованию средств защиты растений, собственник пасеки должен вывезти ульи не менее чем на 5 км от обрабатываемых участков или изолировать пчел на срок, указанный в Государственном реестре.

Использование пестицидов не должно приводить:

- к превышению гигиенических нормативов содержания в сельскохозяйственной продукции остаточных количеств пестицидов, токсичных и опасных метаболитов и соединений, радионуклидов, стойких органических загрязнителей и других;

- появлению в объектах окружающей среды патогенной микрофлоры, жизнеспособных яиц гельминтов, опасных для человека, цист патогенных кишечных простейших, энтерококков и других опасных биологических агентов.

Уровни опасных и вредных факторов на рабочих местах при обращении с пестицидами не должны превышать установленные

Гигиеническим нормативом «Гигиенические нормативы содержания действующих веществ пестицидов (средств защиты растений) в объектах окружающей среды, продовольственном сырье, пищевых продуктах» (постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 27.09.2012 г. № 149).

При применении пестицидов, в том числе в йодэндемичных регионах, а также на территориях с повышенным техногенным радиационным фоном, предпочтение должно отдаваться использованию препаратов нового поколения, с малыми нормами расхода, позволяющими снизить химическую нагрузку на 1 га.

### ***Требования безопасности при транспортировке пестицидов***

Транспортировка пестицидов осуществляется только в специально оборудованных транспортных средствах и в соответствии с требованиями правил перевозки опасных грузов, действующих на различных видах транспорта.

При транспортировке пестицидов должна быть исключена возможность негативного воздействия препаратов на здоровье людей и окружающую среду.

Использование специализированного транспорта не по назначению не допускается. Не допускается также совместная перевозка с пестицидами и грузов.

Во время транспортировки запрещается пребывание на транспортных средствах посторонних лиц.

Погрузочно-разгрузочные работы должны быть максимально механизированы.

Транспортные средства после завершения работ подвергаются влажной уборке и обезвреживанию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

### ***Требования безопасности при применении наземной аппаратуры для внесения пестицидов***

Обработка с использованием вентиляторных и штанговых тракторных опрыскивателей должна проводиться при благоприятных метеорологических условиях и обеспечении безопасных условий труда:

- скорости ветра не более 4 м/с;
- относительной влажности воздуха не менее 40 % и не более 80 %;

– при температуре воздуха, указанной в рекомендациях по применению конкретных пестицидов.

При внесении пестицидов движение агрегатов должно осуществляться против ветра, а лица, работающие с ранцевой аппаратурой, не должны находиться относительно друг друга с подветренной стороны, с целью исключения попадания их в зону опрыскивания.

При наземном опрыскивании пестицидами санитарные разрывы от населенных пунктов, источников питьевого и санитарно-бытового водопользования, мест отдыха населения и мест проведения ручных работ по уходу за сельскохозяйственными культурами должны составлять не менее 50 м.

Не допускается использование аэрозольных генераторов, не прошедших в установленном порядке государственную санитарно-гигиеническую экспертизу.

Рабочие растворы готовятся на специальных растворных узлах и заправочных площадках (пунктах), имеющих твердое покрытие (бетон, асфальт и др.), непосредственно в емкостях (баках).

Заправочные площадки выбираются с учетом расположения полей и культур, подлежащих обработке, при условии соблюдения санитарных разрывов от селитебной зоны и источников питьевого водоснабжения.

При заполнении емкостей необходимо находиться с наветренной стороны.

Не допускается попадание препаратов на открытые участки тела.

Промывные воды, полученные после ополаскивания водой рабочего оборудования, используются для приготовления следующих партий рабочих растворов пестицидов.

### ***Требования безопасности при применении пестицидов авиационным методом***

Использование авиации при проведении работ по защите сельскохозяйственных культур допускается только в случаях отсутствия возможности применения наземной техники или необходимости проведения обработок в сжатые сроки на больших площадях, по результатам проведения в установленном законодательством порядке санитарно-гигиенической экспертизы.

При проведении работ по защите сельскохозяйственных культур преимущественно должны использоваться летательные аппараты, в том

числе сверхлегкая авиация, с возможно низкой высотой полета, обеспечивающей целенаправленное поступление пестицидов на обрабатываемые посевы и исключение загрязнения прилегающей территории.

Распыление жидких пестицидов с применением воздушного судна, не имеющего системы принудительной вентиляции, разрешается только при использовании герметизированной емкости (бака) для пестицидов.

Перед проведением обработок лесных массивов необходимо заблаговременное (не менее чем за 10 дней до начала работ) оповещение населения о запрете выхода в леса и сбора дикорастущих ягод и грибов в сроки, установленные Государственным реестром и рекомендациями по применению конкретных пестицидов (на период их детоксикации).

Запрещается проведение авиационно-химических обработок над зонами отдыха населения, районами расположения оздоровительных учреждений.

При авиаобработке пестицидами должны соблюдаться следующие санитарные разрывы:

- от населенных пунктов – 1 км;
- от рыбохозяйственных водоемов, источников хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, скотных дворов, птицеферм, территории государственных заповедников, природных (национальных) парков, заказников – 2 км;
- от мест постоянного размещения медоносных пасек – 5 км;
- от мест выполнения других сельскохозяйственных работ, а также от участков под посевами сельскохозяйственных культур, идущих в пищу без тепловой обработки (лук на перо, петрушка, сельдерей, щавель, горох, укроп, томаты, огурцы, плодово-ягодные культуры и др.) – 2 км.

При невозможности соблюдения этих условий авиационная обработка не допускается.

Обработка с использованием авиации проводится на рабочей высоте при скорости ветра не более 3–4 м/с.

Экипажи, вылетающие в район авиационно-химических работ (АХР), должны быть снабжены СИЗ, а также аптечкой первой медицинской помощи.

Аэродромы сельскохозяйственной авиации должны располагаться на расстоянии не менее 3 км от населенных пунктов со

стороны предполагаемой концевой полосы безопасности и 1 км от населенных пунктов и водоемчиков со стороны боковой полосы безопасности.

Аэродромы сельскохозяйственной авиации оборудуются дегазационными площадками для периодической очистки воздушных судов, сельскохозяйственного оборудования, тары и защитной одежды от пестицидов.

Рабочие растворы, зерновые отравленные приманки готовятся и загружаются в воздушное судно на специально оборудованных загрузочных площадках, расположенных на сельскохозяйственных аэродромах.

При авиационном опрыскивании оборудование должно быть снабжено надежными отсечными устройствами. Запрещается эксплуатация неисправной техники и воздушных судов.

До начала авиационных работ командир воздушного судна обязан ознакомиться с картограммой полей, подлежащих обработке, затем осмотреть каждый участок путем личного объезда (или облета) и определить участки, подлежащие выбраковке, как не обеспечивающие безопасность полетов.

Предупредительные знаки выставляются не ближе 500 м от границ обрабатываемого участка и убираются только по истечении установленных карантинных сроков, включая возможные сроки выхода в обработанные лесные массивы, сроки сбора дикорастущих грибов и ягод, сенокосения и выпаса скота.

Командир воздушного судна должен возвратиться на аэродром, если при подлете к участку, подлежащему обработке, на нем или в пределах санитарного разрыва (1000 м от границ обрабатываемого участка) обнаружены люди или домашние животные, и известить представителя организации, в которой планировались обработки.

Сточные воды, образующиеся в процессе мойки воздушных судов и их оборудования, должны собираться в специально оборудованные приемники и подвергаться обезвреживанию.

В качестве метода обезвреживания может быть использована схема нейтрализации сточных вод при заполнении ям-приемников наполовину (объем вод проверяют по стационарной мерной линейке, установленной в каждом приемнике).

При загрязнении сточных вод одним пестицидом нейтрализация проводится средствами избирательного обезвреживания для конкретного химического вещества; если смывные воды загрязнены несколькими пестицидами, нейтрализация проводится едким натром.

Сброс обезвреженных и очищенных сточных вод в системы водоотведения или поверхностные водоемы осуществляется в соответствии с требованиями правовых актов.

### ***Требования безопасности при обезвреживании машин, аппаратуры, транспортных средств***

Машины, оборудование, транспортные средства, загрязненные пестицидами, подлежат обезвреживанию в соответствии с требованиями, указанными в нормативных документах, а также в рекомендациях по применению на конкретный препарат.

Все мероприятия по обезвреживанию необходимо проводить с использованием СИЗ на открытом воздухе на специально оборудованных площадках, эстакадах или в специальных, хорошо проветриваемых помещениях на территории пункта химизации, склада.

Запрещается проводить эти работы на берегах прудов, озер, рек.

Машины, оборудование и аппаратуру (опрыскиватели, передвижные и стационарные агрегаты для приготовления и заправки рабочих жидкостей, автотранспорт и контейнеры для перевозки) обезвреживают в следующих случаях:

- перед началом работы с другими препаратами;
- перед ремонтом;
- перед заменой рабочих органов;
- перед проведением планового технического обслуживания;
- перед постановкой машин на временное хранение;
- при аварийном загрязнении;
- при переоборудовании автомобилей, используемых ранее для перевозки пестицидов, для транспортных и других целей;
- перед консервацией;
- после окончания работ.

Спецплощадка должна располагаться на пункте химизации или на пункте приготовления рабочих растворов, иметь бетонное покрытие, сток и емкость для накопления смывных вод, емкость для

приготовления и насос для подачи моющего раствора, обезвреживающие и моющие средства.

Транспорт для перевозки, а также аппаратура для применения пестицидов и агрохимикатов должны обезвреживаться *не реже двух раз в месяц* путем нанесения обезвреживающих средств, указанных в рекомендациях (инструкциях) по применению конкретных препаратов, либо путем нанесения обезвреживающих средств (ДИАС – 10 %, хлорной известью – 25 % и другими разрешенными Министерством здравоохранения средствами).

Технология обезвреживания должна предусматривать предварительную очистку поверхностей от загрязнения, съем всех шлангов и распылителей, затем орошение поверхностей аппаратуры, машин и емкостей моющим раствором на 40–50 мин. Шланги и распылители на 30 мин помещают в емкость с моющим раствором, при этом раствор предварительно перемешивают. По истечении указанного времени обезвреживающее вещество смывают проточной водой.

### ***Оказание доврачебной помощи при отравлениях пестицидами***

Каждый пестицид, будучи токсичным по отношению к живым организмам, не может не быть потенциально опасным для человека. Токсические вещества могут попадать в организм через пищеварительный тракт, дыхательные пути, кожу, слизистые оболочки. При поступлении в организм человека даже в очень малых количествах пестициды оказывают влияние на течение биологических процессов, нарушая их обычный ход и вызывая изменение различных физиологических функций, что проявляется в многообразии форм отравлений.

### ***Основные симптомы при отравлении пестицидами***

Поражения нервной системы являются наиболее характерными для действия всех пестицидов. При этом в патологический процесс могут вовлекаться различные отделы центральной и периферической нервной систем. Характер и выраженность возникающих изменений зависят от многих моментов. Среди них следует отметить длительность воздействия ядохимикатов, стадию и тяжесть интоксикации и др. Следует учитывать, что некоторые пестициды обладают отдаленным нейротоксическим действием.

Острые отравления пестицидами могут протекать в легкой, средней и тяжелой степени (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Основные симптомы, указывающие на отравление пестицидами

Отравление легкой степени	Отравление средней степени: любые симптомы отравления легкой степени плюс любой из симптомов:	Отравление тяжелой степени: любые симптомы отравления легкой и (или) средней степеней плюс любой из симптомов:
Головная боль	спазмы в животе	неспособность дышать
Головокружение	рвота	химические ожоги на коже
Слабость	понос	респираторный дистресс
Усталость	слюнотечение	потеря рефлексов
Нервозность	неприятные ощущения в горле и груди	неконтролируемые мышечные судороги
Потеря аппетита	учащенный или замедленный пульс	потеря сознания
Жажда	чрезмерное потоотделение	судороги
Тошнота	озноб	
Раздражение слизистой горла и носа	нарушение координации движений	
Раздражение слизистой глаз	спутанность сознания	
Сужение зрачков		
Затуманенное зрение		
Раздражение кожного покрова		
Изменения в настроении		
Потеря веса		

Отравления легкой степени характеризуются умеренной головной болью, головокружением, общей слабостью, недомоганием. При попадании яда через верхние дыхательные пути отмечается раздражение слизистых оболочек (кашель, слезотечение, чиханье), через пищевой канал – боль в эпигастральной области, понос, металлический вкус во рту (как при отравлении мышьяком или ртуть-содержащими препаратами).

При отравлениях средней и тяжелой степени все вышеуказанные симптомы выражены более интенсивно. Отмечаются многократная рвота, нарушение сознания, судорожные приступы, коматозное состояние, нарушение сердечной деятельности и дыхания.

Острые отравления характеризуются повышением температуры тела до +38–40 °С. Поражение легких проявляется по типу отека легких, особенно при отравлении фосфорсодержащими препаратами.

Смертельный исход острых отравлений пестицидами может быть обусловлен параличом дыхательного или сердечно-сосудистого центра, поражением легких или почек.

Первую помощь пострадавшему необходимо оказывать незамедлительно, не ожидая появления медицинского работника. Поэтому при первых признаках отравления работающий с пестицидами должен уметь оказать помощь себе или товарищу.

#### *Общие меры доврачебной помощи при отравлении пестицидами*

Общие меры первой помощи, предпринимаемые независимо от характера яда, вызвавшего отравление, включают следующие мероприятия, направленные на прекращение поступления яда в организм:

а) через дыхательные пути – удалить пострадавшего из опасной зоны на свежий воздух;

б) через кожу – тщательно смыть препарат струей воды, лучше с мылом, или, не размазывая по коже и не втирая, снять его куском ткани, затем обмыть холодной водой или слабощелочным раствором; при попадании яда в глаза – обильно промыть их водой, 2%-ным раствором питьевой соды или борной кислоты;

в) через желудочно-кишечный тракт – дать выпить несколько стаканов воды (теплой) или слабо-розового раствора марганцовокислого калия (в разведении 1:5000, 1:10 000) и раздражением задней стенки глотки вызвать рвоту. Повторить эту процедуру 2–3 раза. Рвоту также можно вызвать при помощи горчицы

(1 чайная ложка сухого порошка на стакан теплой воды), соли (2 столовые ложки на стакан теплой воды) или стакана мыльного раствора. (Нельзя вызывать рвоту у больного в бессознательном состоянии или с судорожным синдромом.) После рвоты дать выпить раствор (2–3 столовые ложки активированного угля на 1 стакан воды).

Пострадавший должен находиться в теплом помещении. При бессознательном состоянии можно применять грелки, но с большой осторожностью. При отравлении ДНОК, нитрафеном, пентахлорфенолом и пентахлорфенолятом натрия тепло противопоказано, рекомендуются холодные процедуры: прохладные ванны, влажные обтирания, холодные компрессы, пузыри со льдом.

При ослаблении дыхания следует поднести к носу пострадавшего нашатырный спирт, в случае прекращения дыхания необходимо немедленно приступить к искусственной вентиляции легких.

При остановке сердца проводят наружный массаж через грудную клетку.

При наличии судорог необходимо исключить всякие раздражения, предоставить больному полный покой.

При заглатывании раздражающих веществ следует выпить обволакивающее средство (крахмальную слизь). Нельзя давать молоко, жиры, алкогольные напитки.

При кожных кровотечениях – прикладывать тампоны, смоченные перекисью водорода, при носовых кровотечениях – уложить пострадавшего, приподнять и слегка запрокинуть ему голову, прикладывать холодные компрессы на переносицу и затылок, в нос – тампоны, увлажненные перекисью водорода.

При отравлении, сопровождающемся слюнотечением, слезотечением, сужением зрачков, затруднением дыхания, замедлением пульса, мышечными подергиваниями, следует вводить препараты белладонны: 3–4 таблетки бесалола (бекарбона) или 2–3 таблетки беллалгина.

Во всех случаях отравления пестицидами (даже легкого) необходимо как можно скорее обратиться за квалифицированной помощью в медицинское учреждение.

### ***Частные случаи отравлений различными пестицидами***

***Фосфорорганические пестициды (ФОС).*** Данная группа веществ принадлежит к наиболее широко применяемым пестицидам. Для этой группы характерна способность быстро гидролизываться,

с чем связан их слабый кумулятивный эффект. Все фосфорорганические ядохимикаты токсичны для человека, причем метилмеркаптофос, октаметил, М-81, тиофос, метафос, карбофос относятся к группе высокотоксичных, а карбофос в малой концентрации, фосфамид, трихлорметафос-Ш – к средне- или малотоксичным.

Признаки отравления: головная боль, головокружение, тошнота, усиленное слюноотделение и потоотделение, общая слабость. Затем могут возникнуть нарушения зрения, движений. Почти всегда возникают боли в животе, расстройство кишечника.

В тяжелых случаях наблюдается нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы, ослабление дыхания, одышка, озноб, появление отека легких. Отмечается сначала сужение, а затем расширение зрачков. Если своевременно не будет оказана помощь, то болезненные явления могут нарастать, вплоть до смертельного исхода.

Первая помощь: пострадавшего удаляют с места работы и помещают в тени на свежем воздухе, освобождают от индивидуальных средств защиты, предварительно надев резиновые перчатки; через каждые 15 мин дают порошок или таблетку тропацина (или пентафена). Если пострадавший чувствует боли в области желудка, ему дают выпить 8–10 стаканов теплой воды с содой (1 чайная ложка соды на стакан воды) и вызывают рвоту, затем пострадавшему необходимо выпить полстакана воды с двумя столовыми ложками активированного угля.

*Хлорорганические пестициды (ХОС).* В сельском хозяйстве применяются, в основном, следующие хлорорганические пестициды: гексахлоран, алдрин, эфирсульфонат, кельтан и тедион. Наиболее опасным является алдрин.

Признаки отравления: тошнота, рвота, головокружение, слабость конечностей, дрожь пальцев рук, а иногда и всего тела, неуверенная походка, заплетающаяся речь. Для отравления гексахлораном характерны также боли в области сердца и за грудиной, носовые кровотечения.

Первая помощь: пострадавшего удаляют с места работы, создают ему условия покоя. Проводят промывание желудка, для чего вводят внутрь, в качестве рвотного, одну столовую ложку 1%-го раствора медного купороса. После промывания желудка дают выпить стакан 2%-го раствора соды с добавлением в него двух-трех таблеток активированного угля. Вслед за этим назначают

слабительное – 25 г горькой (английской) соли на стакан воды. Нельзя давать касторовое масло, так как в жирах хлорорганические химикаты легко растворяются и всасываются через слизистую оболочку желудка. При явлениях перевозбуждения нервной системы дают люминал (0,1 г), препараты от головной боли (пирамидон, анальгин и пр.).

При кашле и раздражении в горле производят ингаляции с содой, полощут горло содовым раствором, дают внутрь кодтерпин и кодеин с содой.

Если пестициды попали в глаза, их промывают 2%-ным раствором соды.

На пораженные места кожного покрова накладывают компрессы из раствора марганцовокислого калия (розового цвета) или смазывают их цинковой мазью, биомациновой эмульсией.

*Препараты никотина и анабазина.* Из препаратов этой группы в сельском хозяйстве применяются, главным образом, никотин и анабазин-сульфаты и дусты этих препаратов. Они очень ядовиты для человека: воздействуют на нервную систему, вызывая вначале перевозбуждение, а затем ее паралич. Две-три капли чистого препарата могут вызвать смертельное отравление. Анабазин и никотин легко проникают через неповрежденную кожу, слизистые оболочки, дыхательные пути и пищеварительный тракт.

Признаки отравления: головокружение, головная боль, жжение и царапание в горле и пищеводе, тошнота, рвота, боли в желудке, понос, повышенное потоотделение, наблюдается шаткость походки. Пульс вначале замедляется, затем учащается, зрачки суживаются, а потом резко расширяются. В тяжелых случаях появляются судороги, упадок дыхания и сердечной деятельности. Никотиновые препараты вызывают резкое раздражение кожи и слизистых оболочек (покраснение, болезненность).

Первая помощь: пострадавшему обеспечивают покой, свободное дыхание, согревают тело грелками. При отравлениях желудочно-кишечного тракта промывают желудок 1–3%-ным раствором танина (с целью осаждения никотина) или 15–20%-ной суспензией активированного угля. После очищения желудка дают выпить 5–10 капель йода в полстакане воды или 1–3%-ный раствор танина, по одной столовой ложке через 5–10 мин. Для поддержания дыхания и сердечной деятельности производят в необходимых случаях

длительное искусственное дыхание, дают таблетку кофеина, горячий крепкий чай.

При перевозбуждении нервной системы дают таблетку люминала или барбамила.

*Гербициды.* В сельском хозяйстве в борьбе с сорной растительностью применяется ряд препаратов, которые ядовиты для человека и теплокровных животных.

ДНОК – динитроортокрезол в организм может попасть в виде пыли, мелких капель через дыхательные пути и неповрежденную кожу.

Обычно пострадавшие вначале чувствуют себя удовлетворительно, отмечают лишь некоторую вялость, повышенную утомляемость, в некоторых случаях – небольшое возбуждение. Затем быстро развиваются выраженные симптомы отравления: жажда, сердцебиение, потливость, одышка, кашель, повышение температуры до 40 °С, желтое окрашивание волос, кожи.

По характерному для ДНОК желтому цвету можно быстро определить его присутствие на коже, одежде и других предметах. Попадая в глаза, он вызывает воспаление слизистых оболочек.

Карболинеум может проникать в организм человека через дыхательные пути, неповрежденную кожу, слизистые оболочки и вызывать общее отравление организма, признаками которого являются кашель, тошнота и слабость.

Наряду с общим действием, для карболинеума очень характерно своеобразное действие на кожу, которое усиливается от попадания прямых солнечных лучей. При попадании карболинеума на кожу появляются покраснение, отечность, чувство жжения, зуд, иногда сопровождающиеся болью.

Следует открытую поверхность кожи до работы смазывать защитной пастой или мазью. Состав: 2%-ная буровская жидкость – 50 г, ланолин – 50 г.

*Хлор.* Признаки отравления: горький вкус во рту, головная боль, головокружение, тошнота, рвота, повышение температуры, судороги. Если отравление произошло через дыхательные органы, наблюдаются обильное выделение слюны, насморк, кашель, воспаление слизистых оболочек глаз и даже помутнение роговицы. Кроме того, хлор обладает местным раздражающим действием – вызывает на коже покраснение, зуд, точечные кровоизлияния.

Первая помощь: при случайном попадании яда в рот – тщательно прополоскать рот чистой водой.

При заглатывании яда – выпить пять-шесть стаканов воды с размешанным в ней активированным углем и искусственно вызвать рвоту; дать внутрь карболен; создать полный покой. В жаркий период года пострадавшего нужно поместить в прохладное место, а в холодный – обложить его тело грелками и укрыть.

При явлениях раздражения зева и гортани, першении, чихании – делать ингаляции или длительно полоскать горло 2%-ным раствором питьевой соды (1 чайная ложка на стакан воды).

При кашле дать выпить кодеин или дионин.

При сердечной слабости выпить сладкий черный чай или черный кофе.

Если яд попал на кожу, надо сразу же его снять, не размазывая и не втирая, а затем смыть 2%-ным раствором соды и теплой водой с мылом.

Если у пострадавшего наблюдаются частое поверхностное дыхание, слабый пульс, бледность, обморочное состояние, ему дают понюхать вату, смоченную нашатырным спиртом, можно растереть кожу в области висков, а также поколачивать по тыльной стороне кистей рук.

Человек, подвергшийся отравлению пестицидами, должен рассматриваться как серьезно больной, так как после начальных проявлений при отравлении некоторыми ядами наступает период мнимого благополучия, вслед за которым может развиваться такой симптом, как отек легких.

### **Контрольные вопросы и задания по теме занятия**

1. Перечислите условия, обеспечивающие безопасность труда и охрану окружающей среды при применении пестицидов.

2. Кто несет ответственность за правильную организацию работ при применении пестицидов?

3. Кто допускается к работе с пестицидами?

4. Какова продолжительность рабочего дня при применении пестицидов?

5. Какие требования безопасности должны соблюдаться при транспортировании пестицидов?

6. Какие требования безопасности должны соблюдаться при внесении пестицидов наземными машинами и аппаратурой?
7. Какие требования безопасности должны соблюдаться при внесении пестицидов авиационным методом?
8. Назовите порядок и средства обезвреживания транспортных средств и тары от пестицидов.
9. Изложите порядок оказания первой медицинской помощи при отравлении фосфорорганическими пестицидами.
10. Изложите порядок оказания первой медицинской помощи при отравлении хлорорганическими пестицидами.
11. Изложите порядок оказания первой медицинской помощи при отравлении гербицидами.
12. Изложите порядок оказания первой медицинской помощи при отравлении препаратами никотина и анабазина.
13. Изложите порядок оказания первой медицинской помощи при отравлении хлором.

## Практическое занятие № 7

### РАСЧЕТ ВЗРЫВОРАЗЯДНЫХ УСТРОЙСТВ

**Цель занятия:** приобрести навыки расчета взрыворазрядных устройств, устанавливаемых для защиты зерновых норий, дробилок, рециркуляционных зерносушилок с камерами нагрева, шахтных зерносушилок с подогревателями, каскадных нагревателей, фильтр-циклонов.

#### **Задачи занятия:**

1. Изучить основные требования к взрыворазрядным устройствам.
2. Изучить особенности установки взрыворазрядных устройств на нориях, молотковых дробилках, фильтр-циклонах, зерносушилках и каскадных нагревателях.
3. Изучить требования эксплуатации взрыворазрядных устройств.
4. Изучить методику расчета взрыворазрядных устройств.
5. Овладеть практическими навыками расчета взрыворазрядных устройств.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Произвести расчет конструктивных параметров взрыворазрядных устройств для защиты молотковой дробилки, зерносушилки.
3. Оформить отчет.
4. Проверить знания по теме занятия, ответив на контрольные вопросы.

### Общие положения

Взрыворазрядные устройства предназначены для предотвращения роста давления взрыва в объеме защищаемого оборудования выше допустимого уровня в целях защиты оборудования от разрушения и предотвращения распространения пламени и продуктов взрывного горения пылевоздушной смеси в производственные помещения.

Предотвращение роста давления взрыва выше допустимого уровня осуществляется путем отвода пламени и продуктов взрывного горения и несгоревшей пылевоздушной смеси из объема защищаемого оборудования в безопасную зону за пределы производственного здания.

Взрыворазрядные устройства используются для защиты зерновых норий, дробилок, рециркуляционных зерносушилок с камерами нагрева, шахтных зерносушилок с подогревателями, каскадных нагревателей, фильтр-циклонов.

### ***Требования к взрыворазрядным устройствам***

Взрыворазрядное устройство состоит из предохранительной мембраны или откидного клапана, отводящего трубопровода, а при необходимости – из огнепреграждающего устройства.

В качестве основных типов взрыворазрядных устройств используются:

- взрыворазрядные устройства с разрывными предохранительными мембранами;
- взрыворазрядные устройства с откидными клапанами;
- взрыворазрядные устройства с выщелкивающимися мембранами;
- комбинированные взрыворазрядные устройства.

Взрыворазрядные устройства с разрывными предохранительными мембранами рекомендуется выполнять с шибберным или бандажным креплением мембраны.

Предпочтительными являются взрыворазрядные устройства с проходными сечениями и отводящими трубопроводами круглой формы. Допускаются взрыворазрядные устройства с проходными сечениями и отводящими трубопроводами квадратной или прямоугольной формы.

Соотношение геометрических размеров прямоугольного проходного сечения взрыворазрядного устройства (или отводящего трубопровода)  $h$  и  $b$  должно удовлетворять условию:

$$0,25 \leq \frac{h}{b} \leq 4,0.$$

Во взрыворазрядных устройствах, устанавливаемых на оборудовании, рекомендуется в качестве разрывных мембран применять полиэтиленовые пленки марок ТТ, СТ, СИК, СК, В, Н или алюминиевую фольгу толщиной  $\delta \leq 0,04$  мм.

Конструкции взрыворазрядных устройств должны обеспечивать вскрытие мембран (клапанов) при избыточном статическом давлении  $\Delta P_{ст} \leq 0,10 \text{ кгс/см}^2$  в диапазоне температур окружающей среды от  $-40$  до  $+40$  °С. (Избыточное статическое давление вскрытия взрыворазрядителя  $\Delta P_{ст}$  – это разность между абсолютным статическим давлением в объеме защищаемого оборудования и нормальным атмосферным давлением.)

Толщину  $\delta$  полиэтиленовой пленки, применяемой для разрывных мембран во взрыворазрядных устройствах бандажного или шиберного типа, необходимо выбирать в зависимости от диаметра  $D$  проходного сечения взрыворазрядного устройства в соответствии с данными табл. 7.1.

Таблица 7.1

$D, \text{ м}$	От 0,2 до 0,3	Свыше 0,3 до 0,4	Свыше 0,4 до 0,5	Свыше 0,5 до 0,65	Свыше 0,65 до 0,85	Свыше 0,85 до 1,05	Свыше 1,05 до 1,25
$\delta, \text{ мм}$	0,05	0,07	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25

Допускается применение разрывных предохранительных мембран из других материалов при условии обеспечения приведенных выше значений статического давления вскрытия мембран.

Отводящие трубопроводы взрыворазрядных устройств должны быть, как правило, прямыми и минимальной длины. При необходимости допускается установка отводящих трубопроводов с поворотами при условии, что сумма коэффициентов гидравлического сопротивления поворотов  $\xi_a$  не превышает 1,3.

В качестве отводящих трубопроводов взрыворазрядных устройств рекомендуется использовать сварные стальные трубы круглого сечения с толщиной стенок не менее 1,0 мм или трубы любых типов, выдерживающие остаточное давление взрыва  $\Delta P_{ост}$ . (Остаточное давление взрыва  $\Delta P_{ост}$  – это разность между абсолютным максимальным давлением взрыва в объеме защищаемого оборудования при условии срабатывания взрыворазрядителя и нормальным атмосферным давлением.)

Диаметры проходных сечений отводящих трубопроводов  $D_{\text{тр}}$  должны быть не менее диаметров проходных сечений взрыворазрядных устройств  $D_{\text{взр}}$ .

На торце горизонтального отводящего трубопровода, выводимого из здания, должны быть предусмотрены: срез под углом  $30^\circ$  (для защиты от атмосферных осадков) и металлическая защитная сетка из проволоки толщиной не более 1 мм с размером ячеек не менее  $15 \times 15$  мм.

При вертикальном выведении из здания отводящего трубопровода, для защиты от атмосферных осадков на его срезе должен устанавливаться диффузор с зонтом (рис. 7.1).

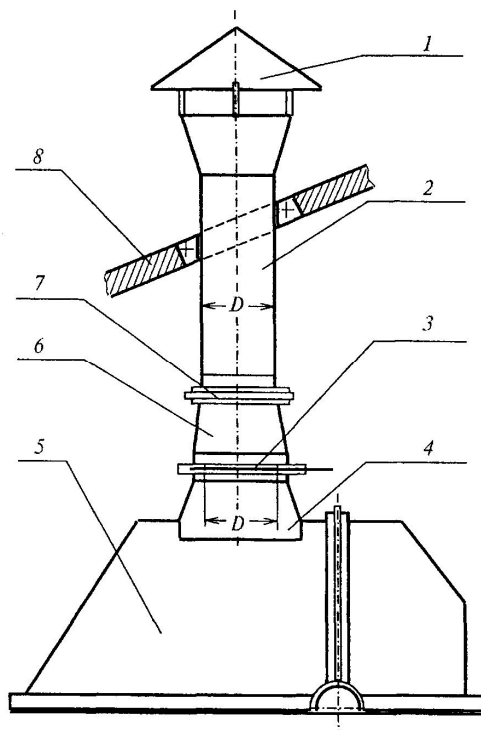


Рис. 7.1. Схема расположения на головке нории взрыворазрядного устройства шибераго типа:

- 1 – защитный зонт; 2 – вертикальный отводящий трубопровод с диффузором;
- 3 – взрыворазрядное устройство шибераго типа; 4 – входной патрубок;
- 5 – корпус головки нории; 6 – переходник; 7 – хомут; 8 – покрытие

При применении в качестве взрыворазрядного устройства откидного клапана (рис. 7.2) необходимо при расчетном определении диаметра его проходного сечения  $D_{взр}$  учитывать дополнительно объем переходного трубопровода, соединяющего защищаемое оборудование с клапаном, и коэффициенты гидравлического сопротивления этого трубопровода.

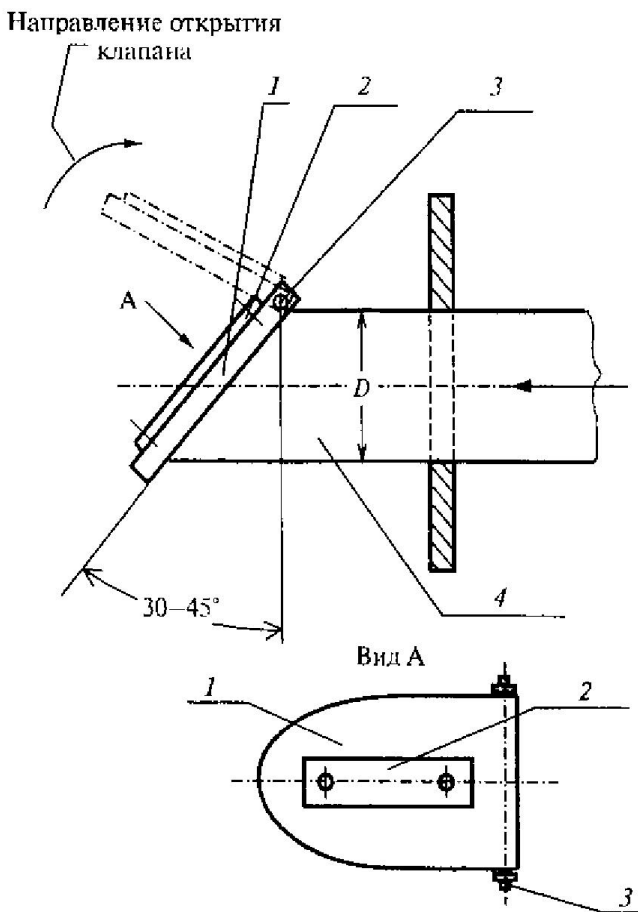


Рис. 7.2. Конструктивная схема взрыворазрядного устройства с откидным клапаном и горизонтальным отводящим трубопроводом:  
 1 – крышка откидная; 2 – груз; 3 – ось поворота крышки;  
 4 – соединяющий (входной) патрубок

Вес откидной крышки клапана должен ограничиваться следующим соотношением:

$$G_{\text{кл}} \leq 0,1 \Delta P_{\text{ст}} F_{\text{взр}},$$

где  $G_{\text{кл}}$  – вес откидной крышки клапана, кгс;

$\Delta P_{\text{ст}}$  – статическое давление открытия клапана, кгс/см<sup>2</sup>, значения которого составляют  $< 0,10$  кгс/см<sup>2</sup>;

$F_{\text{взр}}$  – площадь проходного сечения взрыворазрядного устройства, см<sup>2</sup>.

При применении на нориях в качестве взрыворазрядного устройства откидного клапана длина входного трубопровода, соединяющего защищаемое оборудование и клапан, не должна превышать 3 м. При увеличении длины этого трубопровода при установке откидного клапана на нориях площадь его проходного сечения должна увеличиваться на 3 % на каждый 1 м длины. При применении взрыворазрядных устройств с откидными клапанами на других видах оборудования диаметр и допустимая длина входного трубопровода определяются при расчете диаметра проходного сечения  $D_{\text{взр}}$ .

На оборудовании, установленном вне здания, допускается применение взрыворазрядных устройств без отводящих трубопроводов, если выброс продуктов горения осуществляется в безопасную зону.

Опасная зона выброса пламени и продуктов взрывного горения при срабатывании взрыворазрядного устройства находится в пределах до 25 диаметров отводящего трубопровода от его торцевого среза (вдоль оси) и до 3 диаметров в стороны от оси трубопровода.

На первых этажах торец отводящего трубопровода должен располагаться не ниже 2,5 м от планировочной отметки.

Отводящие трубопроводы от нескольких единиц оборудования допускается объединять в единый коллектор, диаметр которого должен быть не менее наибольшего диаметра трубопровода из числа объединяемых в коллектор. При этом на оборудовании должны устанавливаться комбинированные взрыворазрядные устройства или откидные клапаны, не допускающие распространения продуктов взрывного горения из одного оборудования в другое (рис. 7.3).

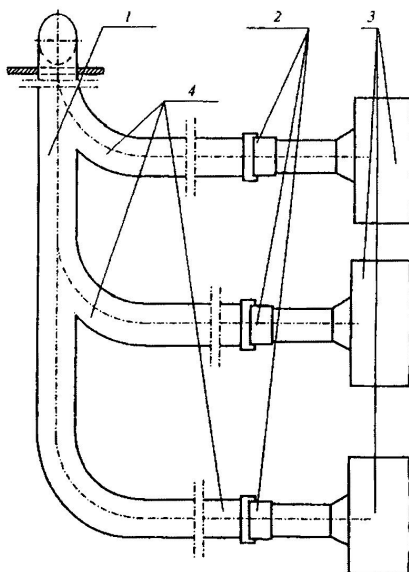


Рис. 7.3. Схема установки на группе оборудования комбинированных взрыворазрядных устройств, объединенных коллектором:  
 1 – коллектор; 2 – комбинированные или клапанные взрыворазрядные устройства;  
 3 – защищаемое оборудование; 4 – отводящие трубопроводы

Длина каждого отводящего трубопровода от защищаемого оборудования до коллектора не должна превышать 3 м.

### **Установка взрыворазрядных устройств на нориях**

Места установки взрыворазрядных устройств на нориях, их количество, диаметры проходных сечений взрыворазрядных устройств определяются в зависимости от типа нории, высоты норийных труб, расположения нории по отношению к ограждающим строительным конструкциям и оборудованию. Предпочтительными конструкциями взрыворазрядных устройств для норий являются взрыворазрядные устройства с предохранительными мембранами или с откидными клапанами.

На нориях с высотой норийных труб  $H_{\text{нор}}$  не более 36 м взрыворазрядные устройства должны устанавливаться на головке нории или на обеих норийных трубах в любом месте по высоте нории, удобном для монтажа и обслуживания взрыворазрядных устройств.

На нориях с высотой норийных труб более 36 м взрыворазрядные устройства должны устанавливаться на головке нории (или на норийных трубах на расстоянии не более  $\frac{1}{3}H_{\text{нор}}$  от головки нории) и на обеих норийных трубах на расстоянии не более  $\frac{1}{3}H_{\text{нор}}$  от башмака нории в любом месте, удобном для монтажа и обслуживания взрыворазрядных устройств.

Диаметр проходного сечения взрыворазрядного устройства, устанавливаемого на норийной трубе, должен быть не менее диаметра, определенного по формуле (7.7), где  $h$  и  $b$  – внутренние размеры поперечного сечения норийной трубы.

Диаметр проходного сечения взрыворазрядного устройства, устанавливаемого на головке нории, должен быть не менее диаметра проходного сечения взрыворазрядного устройства, устанавливаемого на норийной трубе, умноженного на коэффициент 1,414.

Требуемые значения диаметров  $D$  (площадей  $F_{\text{взр}}$ ) проходного сечения взрыворазрядных устройств, устанавливаемых на головке нории, для основных типов норий указаны в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Тип нории	I-10	I-2x10	I-20	I-2x20	II-50	II-100	II-175	II-2x175	II-350	II-500
$D$ , м	0,285	0,385	0,335	0,440	0,390	0,430	0,6575	0,820	0,800	1,100
$\frac{F_{\text{взр}}}{M^2}$ , *	0,064	0,116	0,088	0,152	0,119	0,145	0,338	0,530	0,515	0,950

\* Площади даны для проходных сечений круглой формы.

Допускается уменьшение указанного в табл. 7.2 диаметра проходного сечения взрыворазрядного устройства  $D$ , устанавливаемого на головке нории, при условии установки на каждой норийной трубе (или на головке нории) дополнительного взрыворазрядного устройства, компенсирующего допущенное уменьшение диаметра проходного сечения.

Требуемые значения диаметров  $D$  (площадей  $F_{\text{взр}}$ ) проходного сечения взрыворазрядных устройств, устанавливаемых на норийных трубах, указаны для основных типов норий в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Тип норий	I-10	I-2x10	I-20	I-2x20	II-50	II-100	II-175	II-2x175	II-350	II-500
$D$ , м	0,200	0,270	0,235	0,310	0,275	0,305	0,465	0,580	0,565	0,770
$F_{\text{взр}}^*$ , $\frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$	0,032	0,058	0,044	0,076	0,060	0,073	0,170	0,265	0,250	0,466

\* Площади даны для проходных сечений круглой формы.

Допускается уменьшение указанного в табл. 7.3 диаметра проходного сечения взрыворазрядного устройства  $D$ , устанавливаемого на норийной трубе, при условии установки на этой норийной трубе дополнительного взрыворазрядного устройства, компенсирующего допущенное уменьшение диаметра проходного сечения.

Диаметр проходного сечения дополнительного взрыворазрядного устройства должен быть не менее 0,20 м, а суммарная площадь проходных сечений круглой формы основного и дополнительного взрыворазрядного устройства должна быть не менее площади проходного сечения взрыворазрядного устройства, приведенной в табл. 7.2 и 7.3.

На головках норий с гравитационной разгрузкой взрыворазрядные устройства устанавливаются в любом месте на крышке или на боковых стенках головки нории, а на головках норий с центробежной и центробежно-гравитационной разгрузкой – на верхней части крышки над восходящей ветвью или на боковых стенках головки нории.

Установка взрыворазрядного устройства на крышке головки нории не должна приводить к обратной сыпи и попаданию продукта на предохранительную мембрану.

Взрыворазрядные устройства на норийных трубах устанавливаются на фланцах входных патрубков таким образом, чтобы норийная лента не препятствовала выбросу продуктов взрывного горения и несгоревшей смеси.

На головке сдвоенной нории допускается устанавливать взрыворазрядное устройство, общее для обеих частей нории.

Для типов норий, не указанных в табл. 7.2 и 7.3, для вновь разрабатываемых норий и для норий с трубами круглого сечения диаметры проходных сечений взрыворазрядных устройств должны определяться расчетом.

При установке взрыворазрядных устройств на норийных трубах допускается объединение двух норийных труб одной нории в месте расположения общего взрыворазрядного устройства.

Конструкция патрубка, объединяющего норийные трубы через их внутренние стенки, должна обеспечивать свободную площадь его проходного сечения не менее половины проходного сечения общего взрыворазрядного устройства. При этом необходимо учитывать, что объединяющий патрубок частично будет перекрываться норийной лентой.

Конструкция патрубка, объединяющего норийные трубы через их боковые стенки, должна обеспечивать свободную площадь его проходного сечения не менее площади проходного сечения общего взрыворазрядного устройства.

Диаметр проходного сечения общего взрыворазрядного устройства определяется расчетом или на основе использования табличных данных, но должен быть не менее диаметра проходного сечения взрыворазрядного устройства, устанавливаемого на головке нории.

Общая длина трубопровода от проходного сечения взрыворазрядного устройства до наружного среза не должна превышать 12 м при определении диаметра проходного сечения взрыворазрядного устройства для норий по табл. 7.2 и 7.3.

При коротком, примерно до 3 м, вертикальном отводящем трубопроводе допускается установка мембраны на срезе трубопровода, при этом защитный зонт должен быть съёмным и легкосбрасываемым.

### ***Установка взрыворазрядных устройств на молотковых дробилках***

На действующих предприятиях дробилки должны защищаться взрыворазрядными устройствами, которые устанавливаются на боковой стенке в верхней части поддробильного бункера или конуса.

Предпочтительными конструкциями взрыворазрядных устройств для дробилок с механическим забором продукта являются взрыворазрядные устройства с разрывными мембранами, а для дробилок с пневмозабором продукта – взрыворазрядные устройства с откидными клапанами.

Диаметр проходного сечения взрыворазрядного устройства на поддробильном бункере (конусе) дробилки определяется расчетом по методике, представленной ниже.

При этом защищаемый объем складывается из свободного объема рабочей зоны дробилки и объема поддробильного бункера.

При отсутствии сведений о прочности бункеров при расчете взрыворазрядных устройств для дробилок допускается принимать значения допустимого давления взрыва  $\Delta P_{\text{доп}} = 1,0$  кгс/см<sup>2</sup> при объеме поддробильного бункера до 2 м<sup>3</sup> и  $\Delta P_{\text{доп}} = 0,5$  кгс/см<sup>2</sup> при объеме бункера свыше 2 м<sup>3</sup>.

Для предохранения разрывных мембран от повреждений под действием разрежения внутри дробилок с забором продукта пневматическим транспортом перед мембраной со стороны поддробильного бункера следует устанавливать сетку из проволоки толщиной 1–2 мм с ячейками размером 30×30 мм.

#### ***Установка взрыворазрядных устройств на фильтр-циклонах***

Взрыворазрядные устройства должны устанавливаться на фильтр-циклонах аспирационных сетей, аспирирующих потенциально опасное оборудование (нории, вальцовые станки, дробилки и другое измельчающее оборудование ударного действия).

Предпочтительными конструкциями взрыворазрядных устройств для фильтр-циклонов являются взрыворазрядные устройства с откидными клапанами.

Взрыворазрядные устройства должны устанавливаться на корпусе фильтр-циклона в зоне неочищенного воздуха.

Для предохранения разрывных мембран от повреждений под действием пульсации давления (или при разрежении внутри фильтр-циклона) перед мембраной следует устанавливать сетку из проволоки толщиной 1–2 мм с ячейками размером 30×30 мм.

#### ***Установка взрыворазрядных устройств на рециркуляционных зерносушилках с камерами нагрева, на шахтных зерносушилках с подогревателями и на каскадных нагревателях***

Зерносушилки защищаются установкой взрыворазрядных устройств на камерах нагрева, подогревателях, каскадных нагревателях, осадочных камерах, топках, надсушильных бункерах, норях.

Взрыворазрядные устройства на надсушильных бункерах устанавливаются на верхней крышке или на боковой стенке в верхней части бункера.

Взрыворазрядные устройства на камерах нагрева устанавливаются на боковой стенке камеры.

При установке нескольких взрыворазрядных устройств их следует распределять равномерно по высоте камеры.

Взрыворазрядные устройства на подогревателях устанавливаются на боковой стенке секций подогревателя со стороны, противоположной входу агента сушки.

Взрыворазрядные устройства на каскадных нагревателях устанавливаются на боковой стенке секций противоточной шахты со стороны наклонных ребер решетчатых полок.

Взрыворазрядные устройства на осадочных камерах устанавливаются на боковых стенках в верхней части камер.

Топки защищаются взрыворазрядными клапанами в соответствии с требованиями, предъявляемыми по взрывозащите топок.

В качестве предохранительных мембран, устанавливаемых во взрыворазрядных устройствах на камерах нагрева, подогревателях, каскадных нагревателях, осадочных камерах, рекомендуются взрыворазрядные устройства клапанного типа или взрыворазрядные устройства с выщелкивающимися мембранами из стального листа толщиной  $\delta = 0,5-1,0$  мм или из других материалов, выдерживающих длительное воздействие повышенной температуры.

При отсутствии сведений о прочности конструкции защищаемых емкостей при расчете взрыворазрядных устройств, устанавливаемых на каскадных нагревателях, а также на камерах нагрева, подогревателях, осадочных камерах и надсушильных бункерах зерносушилок, рекомендуется принимать значение допустимого давления взрыва  $\Delta P_{\text{доп}} = 0,5$  кгс/см<sup>2</sup>.

### ***Эксплуатация взрыворазрядных устройств***

Ответственность за исправное состояние взрыворазрядных устройств возлагается на соответствующее должностное лицо приказом по организации.

На установленное взрыворазрядное устройство оформляется паспорт. После установки все взрыворазрядные устройства нумеруются, а шиберные и бандажные – пломбируются.

Разрывные предохранительные мембраны, выщелкивающиеся мембраны, откидные клапаны, поворотные створки, узлы их крепления, уплотняющие прокладки, отводящие трубопроводы должны быть в постоянной исправности.

Взрыворазрядные устройства ежемесячно проверяют, контролируя целостность мембран, герметизирующих прокладок, подвижность откидных клапанов и поворотных створок комбинированных взрыворазрядных устройств, отсутствие накоплений на мембранах и в отводящих трубопроводах пыли или продукта.

Результаты осмотров, сведения о проводимых ремонтах или замене мембран регистрируются в журнале.

При систематических нарушениях целостности мембран вследствие разрежения внутри оборудования или значительных пульсаций давления рекомендуется установка защитной стальной сетки.

По истечении одного года эксплуатации взрыворазрядных устройств с разрывными предохранительными мембранами из полиэтиленовой пленки или алюминиевой фольги разрывные предохранительные мембраны подлежат замене.

При отклонениях от нормальной работы оборудования (завал продукта, интенсивное пыление, повышенные вибрации и т. д.) взрыворазрядные устройства после остановки оборудования немедленно проверяют и, при необходимости, заменяют разрывные предохранительные мембраны или другие поврежденные элементы конструкций.

### ***Методика расчета взрыворазрядных устройств***

1. Площадь проходных сечений взрыворазрядных устройств ( $F_{\text{взр}}$ , м<sup>2</sup>) рассчитывается из условия того, что остаточное давление взрыва ( $\Delta P_{\text{ост}}$ , кгс/см<sup>2</sup>) не должно превышать допустимого значения внутреннего избыточного давления ( $\Delta P_{\text{доп}}$ , кгс/см<sup>2</sup>), величина которого определяется прочностью конструкции защищаемого оборудования:

$$\Delta P_{\text{ост}} \leq \Delta P_{\text{доп}}. \quad (7.1)$$

2. Площади проходных сечений круглой формы для одного или нескольких взрыворазрядных устройств ( $F_{\text{взр}}$  или  $F_{\text{взр}N}$ ) с одинаковыми конструктивными параметрами определяются, соответственно, по формулам:

$$F_{\text{взр}} \geq \frac{V^{2/3}}{\frac{1}{a} \sqrt{\frac{(\Delta P_{\text{доп}} + 1)^2 - 1}{0,01\xi_{\Sigma}}} - K}, \quad (7.2)$$

$$F_{\text{взр}N} \geq \frac{V^{2/3}}{N \left( \frac{1}{a} \sqrt{\frac{(\Delta P_{\text{доп}} + 1)^2 - 1}{0,01x_{\Sigma N}}} - K \right)}, \quad (7.3)$$

где  $V$  – свободный объем защищаемого оборудования, величина которого определяется как разность геометрического объема оборудования и объема расположенных внутри него узлов и агрегатов,  $\text{м}^3$ ;

$a$  – коэффициент, характеризующий давление вскрытия взрыворазрядного устройства, величина которого определяется из соотношений (7.9);

$N$  – число одинаковых взрыворазрядных устройств, которыми защищается одна единица оборудования;

$\Delta P_{\text{доп}}$  – допустимое внутреннее избыточное давление,  $\text{кгс}/\text{см}^2$ , величина которого определяется прочностью конструкции защищаемого оборудования. Для оборудования, несущая способность которого на действие внутреннего избыточного давления превышает  $1 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , следует принимать  $\Delta P_{\text{доп}} = 1 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ;

$\xi_{\Sigma}$  – суммарный коэффициент гидравлического сопротивления отводящего трубопровода при защите оборудования одним взрыворазрядным устройством, величина которого определяется в соответствии с п. 7 методики;

$\xi_{\Sigma N}$  – суммарный коэффициент гидравлического сопротивления отводящего трубопровода от одного взрыворазрядного устройства при защите оборудования одинаковыми взрыворазрядными устройствами, величина которого определяется в соответствии с п. 7 методики;

$K$  – коэффициент, характеризующий длину ( $L$ , м) отводящих трубопроводов взрыворазрядного устройства, величина которого определяется из соотношений (7.11).

3. Диаметр проходного сечения взрыворазрядного устройства определяется по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{взр}}}{\pi}}. \quad (7.4)$$

При квадратной форме проходного сечения взрыворазрядного устройства сторона квадрата  $h$  принимается равной расчетному значению диаметра  $D$ .

При прямоугольной форме проходного сечения взрыворазрядного устройства его стороны  $h$  и  $b$  с должны находиться в пределах

$$0,625D \leq b \quad (\text{или}) \quad h \leq 2,5D. \quad (7.5)$$

При определении размеров прямоугольного сечения следует, исходя из технических условий с учетом ограничения (7.5), задаться значением одной из сторон (например стороны  $h$ ), тогда другая сторона прямоугольного сечения может быть определена по формуле

$$b = \frac{Dh}{2h - D}. \quad (7.6)$$

При прямоугольной форме проходного сечения взрыворазрядного устройства со сторонами  $h$  и  $b$  приведенный диаметр проходного сечения определяется по формуле

$$D = \frac{2bh}{h + b}. \quad (7.7)$$

4. При защите оборудования несколькими взрыворазрядными устройствами  $N$  с разными конструктивными параметрами, с предохранительными мембранами, вскрывающимися при одинаковом значении избыточного статического давления ( $\Delta P_{\text{ст}}$ , кгс/см<sup>2</sup>), площади проходных сечений взрыворазрядных устройств  $F$ , должны удовлетворять следующему соотношению:

$$\Delta P_{\text{доп}} \geq \sqrt{0,01a^2 \left( \frac{V^{2/3} + \sum_{i=1}^N F_i K}{\sum_{i=1}^N \frac{F_i}{\sqrt{\xi_{5Ni}}}} \right)^2 + 1} - 1. \quad (7.8)$$

5. Значение коэффициента  $a$  определяется из соотношений:

$$a = 0,4 \text{ при } \Delta P_{\text{ст}} \leq 0,1 \text{ кгс/см}^2;$$
$$a = 0,268 + 1,32\Delta P_{\text{ст}} \text{ при } \Delta P_{\text{ст}} > 0,1 \text{ кгс/см}^2, \quad (7.9)$$

где  $\Delta P_{\text{ст}}$  – избыточное статическое давление вскрытия взрыворазрядного устройства, величина которого для разрывных мембран диаметром  $D$ , мм, из полиэтиленовой пленки толщиной  $d$ , мм, определяется из соотношения

$$\Delta P_{\text{ст}} = 440 \frac{\delta}{D}. \quad (7.10)$$

Для мембран других типов и из других материалов величина  $\Delta P_{\text{ст}}$  определяется экспериментально или расчетом.

6. Значение коэффициента  $K$  определяется из соотношений:

$$K = 3L \text{ при } L \leq 3,5 \text{ м};$$
$$K = 10,5 \text{ при } L > 3,5 \text{ м}, \quad (7.11)$$

где  $L$  – длина отводящего трубопровода, м.

7. Вычисление суммарных коэффициентов гидравлического сопротивления отводящих трубопроводов взрыворазрядных устройств производится с использованием данных прилож. 1.

7.1. Для прямолинейных отводящих трубопроводов при соотношении  $\frac{L}{D} \leq 3$  значение суммарного коэффициента гидравлического сопротивления принимается равным коэффициенту гидравлического сопротивления (прилож. 1).

7.2. При соотношении  $\frac{L}{D} > 3$  значение суммарного коэффициента гидравлического сопротивления определяется как сумма приведен-

ных в прилож. 1 коэффициентов гидравлического сопротивления отдельных элементов отводящего трубопровода (входа, прямолинейных участков, поворотов, выхода).

7.3. При применении взрыворазрядных устройств с огнепреградителями при определении суммарного гидравлического сопротивления  $\xi_{\Sigma}$  должно учитываться дополнительное гидравлическое сопротивление огнепреградителя  $\xi_{\text{огнепр}}$ , которое указывается в его паспорте.

Для определения величины коэффициентов гидравлического сопротивления отдельных элементов отводящего трубопровода по прилож. 1 используются значения диаметра проходного сечения взрыворазрядного устройства  $D$ , определенные в первом приближении из номограммы (прилож. 2).

Номограмма построена для взрыворазрядных устройств с прямыми отводящими трубопроводами.

8. При расчете площади проходного сечения взрыворазрядных устройств по формулам (7.2) и (7.3), в случае, если полученный результат будет существенно отличаться от результатов первого приближения, полученного по номограмме, рекомендуется скорректировать коэффициенты гидравлического сопротивления и провести повторный расчет.

### **Примеры расчетов**

**Пример 1.** Для дробилки со свободным объемом  $V = 1,85 \text{ м}^3$  требуется определить расчетом площадь проходного сечения квадратной формы для взрыворазрядного устройства клапанного типа, расположенного вне производственного здания. Длина трубопровода, соединяющего защищаемый объем и клапан,  $L = 5 \text{ м}$ . Значение допустимого давления  $\Delta P_{\text{доп}} = 1,0 \text{ кгс/см}^2$ , значение избыточного статического давления вскрытия взрыворазрядного устройства  $\Delta P_{\text{доп}} \leq 0,1 \text{ кгс/см}^2$ .

#### *Подготовка исходных данных*

В соответствии с пп. 5 и 6 методики расчета,  $a = 0,4$  и  $K = 10,5$ .

Первоначально по номограмме определяем площадь проходного сечения взрыворазрядного устройства для  $V = 1,85 \text{ м}^3$ , которая

оказывается равной  $F_{\text{взр}} = 0,0707 \text{ м}^2$  ( $D = 0,3 \text{ м}$ ). Затем, после определения защищаемого объема с учетом объема соединительного трубопровода  $V = 1,85 + 0,0707 \cdot 5,0 = 2,2 \text{ м}^3$ , вновь по номограмме определяем для этого объема площадь проходного сечения взрыворазрядного устройства  $F_{\text{взр}} = 0,0962 \text{ м}^2$  ( $D = 0,35 \text{ м}$ ).

В соответствии с п. 7.2 методики расчета, суммарный коэффициент сопротивления взрыворазрядного устройства и отводящего трубопровода будет равен

$$\xi_{\Sigma} = \xi_{\text{вх}} + \xi_L + \xi_{\text{вых}} = 0,5 + 0,1 \cdot 0,5 \cdot 5 + 1,0 = 1,75.$$

*Выполнение расчетов*

По формуле (7.2) методики расчета получим:

$$F_{\text{взр}} \geq \frac{2,2^{2/3}}{\frac{1}{0,4} \cdot \sqrt{\frac{(1+1)^2 - 1}{0,01 \cdot 1,75}} - 10,5} = \frac{1,6960}{22,23} = 0,0763 \text{ м}^2,$$

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{взр}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0763}{3,14}} = 0,312 \text{ м}, \quad D \geq 0,312 \text{ м}.$$

Диаметр проходного сечения для круглого трубопровода  $D$  принимаем равным  $0,312 \text{ м}$ , а численное значение стороны квадрата проходного сечения взрыворазрядного устройства будет равным  $h = D = 0,312 \text{ м}$ .

Выполнение дополнительного приближения:

$$V = 1,85 + 0,0763 \cdot 5,0 = 2,23;$$

$$\xi_{\Sigma} = \xi_{\text{вх}} + \xi_L + \xi_{\text{вых}} = 0,5 + 0,1156 \cdot 0,5 \cdot 5 + 1,0 = 1,789;$$

$$F_{\text{взр}} \geq \frac{2,23^{2/3}}{\frac{1}{0,4} \cdot \sqrt{\frac{(1+1)^2 - 1}{0,01 \cdot 1,789}} - 10,5} = \frac{1,711}{21,87} = 0,0782 \text{ м}^2;$$

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{взр}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0782}{3,14}} = 0,316 \text{ м}, D \geq 0,316 \text{ м}.$$

**Пример 2.** Требуется определить проходное сечение взрыворазрядного устройства на подсушильном бункере объемом  $V = 12 \text{ м}^3$ . Металлический бункер верхней частью примыкает к перекрытию.

Расположение бункера позволяет установить взрыворазрядное устройство под перекрытием на боковой стенке с горизонтальным отводящим трубопроводом длиной  $L = 0,5 \text{ м}$ .

*Подготовка исходных данных*

В соответствии с п. 5 методики расчета,  $a = 0,4$ ; в соответствии с п. 6,  $K = 3L = 1,5$ .

Для вычисления суммарного коэффициента гидравлического сопротивления взрыворазрядного устройства и отводящего трубопровода  $\xi_{\Sigma}$ , в соответствии с п. 7 методики расчета, предварительно определяем по номограмме (прилож. 2) диаметр проходного сечения взрыворазрядного устройства в первом приближении  $D_1$ , который будет равен  $0,6 \text{ м}$ . При этом принимается, что допустимое давление взрыва  $\Delta P_{\text{доп}} = 0,5 \text{ кгс/см}^2$ .

Поскольку  $\frac{L}{D} = \frac{0,5}{0,6} = 0,83 < 3,0$ , то, в соответствии с п. 7.1 методики расчета, принимаем, что  $\xi_{\Sigma} = \xi_H$ , а из прилож. 2 получаем, что  $\xi_H = 1,92$ .

*Выполнение расчетов*

По формуле (7.2) методики расчета получим:

$$F_{\text{взр}} \geq \frac{12,0^{2/3}}{0,4 \cdot \sqrt{\frac{(1+0,5)^2 - 1}{0,01 \cdot 1,92}} - 1,5} = \frac{5,242}{18,67} = 0,281 \text{ м}^2;$$

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{взр}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,281}{3,14}} = 0,598 \text{ м}.$$

**Пример 3.** Требуется определить диаметр проходного сечения взрыворазрядного устройства для камеры нагрева зерносушилки. Защищаемый объем, включающий часть объема теплообменника,  $V = 24$  м. Длина отводящего трубопровода  $L = 0,35$  м. Рассмотрим варианты установки одного и двух взрыворазрядных устройств.

*Подготовка исходных данных для расчета  
двух взрыворазрядных устройств*

В соответствии с п. 5 методики расчета,  $a = 0,4$ ; в соответствии с п. 6,  $K = 3L = 1,05$ .

При этом в качестве мембраны взрыворазрядного устройства применяется выщелкивающая мембрана из стального листа толщиной  $\delta = 0,55$  мм с креплением, обеспечивающим вскрытие мембраны при  $\Delta P_{\text{ст}} \leq 0,1$  кгс/см<sup>2</sup>.

Для вычисления суммарного коэффициента сопротивления взрыворазрядного устройства и отводящего трубопровода  $\xi_{\Sigma}$ , в соответствии с п. 7, методики расчета предварительно определяем по номограмме (прилож. 2) диаметр проходного сечения взрыворазрядного устройства в первом приближении  $D_1$ .

При этом принимаем, что значение допустимого давления взрыва  $\Delta P_{\text{доп}} = 0,5$  кгс/см<sup>2</sup>, и условно считаем, что каждое из двух взрыворазрядных устройств защищает объем  $V = 12$  м<sup>3</sup>. Тогда  $D_1 = 0,6$  м.

Поскольку  $\frac{L}{D} = \frac{0,35}{0,6} = 0,583 < 3,0$ , то в соответствии с п. 7.1 методики расчета, принимаем, что  $\xi_{\Sigma} = \xi_H$ , а из прилож. 2 получаем, что  $\xi_H = 2,34$ .

*Проведение расчета двух взрыворазрядных устройств*

По формуле (7.3) методики расчета, площадь каждого взрыворазрядного устройства должна быть:

$$F_{\text{взр}} \geq \frac{24,0^{2/3}}{2 \cdot \left( \frac{1}{0,4} \cdot \sqrt{\frac{(1+0,5)^2 - 1}{0,01 \cdot 2,34}} - 1,05 \right)} = \frac{8,321}{34,4} = 0,242 \text{ м}^2;$$

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{взр}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,242}{3,14}} = 0,555 \text{ м.}$$

Поскольку при определении  $D_1$  было принято допущение о том, что каждое взрыворазрядное устройство защищает объем  $V = 12 \text{ м}^2$ , выполним уточнение определения  $D$  при  $\xi_H = 2,4$  (соответствующего диаметру 0,555 м).

$$F_{\text{взр}} \geq \frac{24,0^{2/3}}{2 \cdot \left( \frac{1}{0,4} \cdot \sqrt{\frac{(1+0,5)^2 - 1}{0,01 \cdot 2,4}} - 1,05 \right)} = \frac{8,321}{34,0} = 0,245 \text{ м}^2;$$

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{взр}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,245}{3,14}} = 0,558 \text{ м.}$$

Расхождение между диаметрами  $D = 0,555 \text{ м}$  и  $D = 0,558 \text{ м}$  составляет менее 0,5 %, и им можно пренебречь.

*Подготовка исходных данных для расчета одного взрыворазрядного устройства*

В соответствии с п. 5 методики расчета,  $a = 0,4$ ; в соответствии с п. 6,  $K = 3L = 1,5$ .

В качестве мембраны взрыворазрядного устройства применяется выщелкивающаяся мембрана из стального листа толщиной  $\delta = 0,55 \text{ мм}$  с креплением, обеспечивающим вскрытие мембраны при избыточном давлении  $\Delta P_{\text{ст}} \leq 0,1 \text{ кгс/см}^2$ .

Поскольку номограмма (прилож. 2) непосредственна и не может быть использована для определения диаметра  $D_1$ , так как рассчитана

для объемов до  $12 \text{ м}^3$ , то принимаем допущение, что площадь проходного сечения одного взрыворазрядного устройства в первом приближении  $F_1$  равна суммарной площади двух взрыворазрядных устройств, определенных выше.

Тогда

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{взр}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 0,242}{3,14}} = 0,785 \text{ м.}$$

Поскольку  $\frac{L}{D} = \frac{0,35}{0,785} = 0,45 < 3,0$ , то, в соответствии с п. 7.1

методики расчета, принимаем, что  $\xi_{\Sigma} = \xi_H$ , а из прилож. 2 получаем, что  $\xi_H = 2,54$ .

*Проведение расчета одного взрыворазрядного устройства*

По формуле (7.2) методики расчета, площадь взрыворазрядного устройства должна быть следующей:

$$F_{\text{взр}} \geq \frac{24,0^{2/3}}{\left( \frac{1}{0,4} \cdot \sqrt{\frac{(1+0,5)^2 - 1}{0,01 \cdot 2,54}} - 1,05 \right)} = \frac{8,321}{16,5} = 0,504 \text{ м}^2,$$

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{взр}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,504}{3,14}} = 0,801 \text{ м.}$$

Поскольку при определении  $D_1$  было принято допущение, что суммарная площадь двух взрыворазрядных устройств равна площади проходного сечения одного взрыворазрядного устройства, выполняем уточненное определение  $D$  при  $\xi_H = 2,55$  (соответствующего диаметру  $0,801 \text{ м}$ ).

$$F_{\text{взр}} \geq \frac{24,0^{2/3}}{\left( \frac{1}{0,4} \cdot \sqrt{\frac{(1+0,5)^2 - 1}{0,01 \cdot 2,55}} - 1,05 \right)} = \frac{8,321}{16,4} = 0,507 \text{ м}^2,$$

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{взр}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,507}{3,14}} = 0,804 \text{ м.}$$

Полученное уточнение составляет 0,4 %, и им можно пренебречь.

### Контрольные вопросы и задания по теме занятия

1. Каково назначение взрыворазрядных устройств?
2. Что представляет собой взрыворазрядное устройство?
3. Какие виды взрыворазрядных устройств чаще всего применяются?
4. Изложите общие требования к конструкции взрыворазрядных устройств.
5. Какие особенности установки взрыворазрядных устройств на зерновых нориях?
6. Какие особенности установки взрыворазрядных устройств на молотковых дробилках?
7. Какие особенности установки взрыворазрядных устройств на фильтр-циклонах?
8. Какие особенности установки взрыворазрядных устройств на зерносушилках и каскадных нагревателях?
9. Какие требования необходимо соблюдать при эксплуатации взрыворазрядных устройств?
10. Рассчитать по вариантам (табл. 7.4) для дробилки со свободным объемом  $V$ , м<sup>3</sup>, площадь проходного сечения квадратной формы для взрыворазрядного устройства клапанного типа, расположенного вне производственного здания. Длина трубопровода, соединяющего защищаемый объем и клапан,  $L$ . Значение допустимого давления  $\Delta P_{\text{доп}} = 1,0$  кгс/см<sup>2</sup>.

Таблица 7.4

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Свободный объем дробилки, $V, \text{ м}^3$	1,55	1,85	1,40	1,35	1,65	1,9	1,75	1,60	2,0
Длина трубопровода, соединяющего защищаемый объем и клапан, $L, \text{ м}$	3,0	4,5	5,0	6,5	5,5	2,5	4,0	6,0	3,5

11. Определить по вариантам (табл. 7.5) проходное сечение взрыворазрядного устройства на подсушильном бункере объемом  $V$ . Металлический бункер верхней частью примыкает к перекрытию. Расположение бункера позволяет установить взрыворазрядное устройство под перекрытием на боковой стенке с горизонтальным отводящим трубопроводом длиной  $L$ .

Таблица 7.5

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Объем бункера, $V, \text{ м}^3$	12	10,5	11	11,5	10	9,5	9	8,5	8
Длина отводящего трубопровода, $L, \text{ м}$	0,35	0,25	0,60	0,45	0,65	0,5	0,3	0,40	0,55

12. Определить по вариантам (табл. 7.6) диаметр проходного сечения взрыворазрядного устройства для камеры нагрева зерносушилки. Защищаемый объем, включающий часть объема тепловлагообменника, составляет 18 м. Длина отводящего трубопровода  $L$ . Рассмотреть варианты установки одного и двух взрыворазрядных устройств.

Таблица 7.6

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина отводящего трубопровода, $L, \text{ м}$	0,30	0,25	0,60	0,45	0,65	0,5	0,35	0,40	0,55

## Практическое занятие № 8

### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

**Цель занятия:** приобрести знания для оценки эффективности работы различных пылеулавливающих устройств.

#### **Задачи занятия:**

1. Изучить устройство и принцип действия пылеосадочных камер, циклонов, рукавных и ячейковых фильтров.
2. Изучить методику расчета параметров пылеосадочных камер, циклонов, рукавных и ячейковых фильтров.
3. Овладеть практическими навыками расчета параметров пылеосадочных камер, циклонов, рукавных и ячейковых фильтров.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Произвести расчет конструктивных и технологических параметров пылеосадочных камер, циклонов, рукавных и ячейковых фильтров (по вариантам, указанным преподавателем).
3. Оформить отчет.
4. Проверить знания по теме занятия, ответив на контрольные вопросы.

#### **Общие положения**

Технологические процессы на предприятиях АПК различны. Это требует использования многих видов оборудования и осуществления самых разнообразных процессов: дробления, измельчения, нагрева, сушки, химической обработки и др. В связи с использованием многих видов сырья и видов его переработки имеют место практически все виды вредных выделений. Многие технологические процессы

сопровожаются образованием и выделением пыли в окружающую среду. В воздух от предприятий поступают в большом количестве водяные пары (мясокомбинаты, молокозаводы и др.).

Для создания необходимых условий воздушной среды, благоприятных для работающих, в производственных помещениях устраиваются системы вентиляции. Осуществляя необходимый воздухообмен, системы вентиляции предотвращают возможность возникновения взрывоопасной ситуации. На ряде производств часть сырья подвергается распылению и теряется. Благодаря применению эффективных пылеуловителей в системах вентиляции эти материалы могут быть сохранены и возвращены в производство.

Предприятия АПК, в отличие от металлургии, химической промышленности, не относятся к основным загрязнителям атмосферы, однако выбросы ряда производств, содержащие пыль, пары, газы, неблагоприятно действуют на окружающую среду, вызывая загрязнение воздуха, почвы, зеленых насаждений. Эти вредные явления могут быть в значительной мере предотвращены или ослаблены благодаря действию систем вентиляции и пылеулавливания.

Пыль – это мельчайшие твердые частицы, которые могут находиться в воздухе в течение длительного времени во взвешенном состоянии.

Для расчета устройств очистки воздуха от пыли определяющими факторами являются происхождение и степень измельчения пыли.

Пыль классифицируется по происхождению:

- органическая (растительная, животная, искусственная, органическая);

- неорганическая (минеральная, металлическая);

- смешанная пыль.

По степени измельчения (дисперсности) различают следующие группы пыли:

I – очень крупнодисперсная пыль с характерным медианным размером  $d > 150 \cdot 10^{-6}$  м;

II – крупнодисперсная пыль с  $d = (40-150) \cdot 10^{-6}$  м;

III – среднедисперсная пыль, у которой размер  $d = (10-40) \cdot 10^{-6}$  м;

IV – мелкодисперсная пыль с  $d = (1-10) \cdot 10^{-6}$  м;

V – очень мелкодисперсная пыль с  $d < 1 \cdot 10^{-6}$  м.

Пыль может оказывать различное действие на организм: раздражающее, аллергическое, фиброгенное, токсическое. Вредное влияние пыли обусловлено многими факторами: физико-химическими свойствами, размерами и формой пылевых частиц, концентрацией в воздухе рабочей зоны, длительностью воздействия в течение смены и другими неблагоприятными производственными факторами и особенностями трудовой деятельности.

Например, при усиленном дыхании в процессе выполнения тяжелой физической работы (особенно в условиях повышенной температуры воздуха) увеличивается поступление пыли в организм, а загазованность воздуха усугубляет ее негативное действие.

Кроме того, пыль увеличивает износ машин и оборудования, ухудшает санитарное состояние производственных помещений, снижает уровень освещенности вследствие загрязнения световых проемов, ламп, осветительной аппаратуры, может способствовать возникновению пожаров и взрывов.

### ***Общая характеристика пылеулавливающего оборудования***

Универсальных пылеулавливающих устройств, эффективно задерживающих любой вид пыли при различных ее концентрациях, не существует. Поэтому по степени очистки загрязненного воздуха все пылеулавливающие устройства делят на три группы:

1) *грубая очистка* с коэффициентом эффективности пылеулавливания  $\eta$ , изменяющимся в пределах от 50 до 70 % (простые пылеосадочные камеры, циклоны больших размеров и др.);

2) *средняя очистка* с  $\eta = 70-90$  % (лабиринтные пылеосадочные камеры, циклоны, ротационные пылеуловители и др.);

3) *тонкая очистка* с  $\eta = 90,0-99,9$  % (ячейковые, рукавные, электрические, мокрые, пенные аппараты и др.).

Основные характеристики пылеуловителей:

- пропускная способность ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ );
- общий коэффициент очистки воздуха, или общая эффективность пылеулавливающего аппарата (%);
- фракционный коэффициент очистки, который выражает эффективность работы аппарата по отношению к отдельным фракциям пыли (%);
- пылеемкость (кг) или удельная пылеемкость ( $\text{кг}/\text{м}^2$ );

– гидравлическое сопротивление (Па), представляющее собой разность полных давлений на входе в аппарат и на выходе из него.

Общий коэффициент очистки воздуха пылеуловителей, %:

$$\eta_{\text{об}} = 100 \frac{G_{\text{ул}}}{G_{\text{вх}}} = 100 \frac{G_{\text{ул}}}{G_{\text{ул}} + G_{\text{ун}}} = 100 \frac{G_{\text{вх}} - G_{\text{ун}}}{G_{\text{вх}}}, \quad (8.1)$$

где  $G_{\text{вх}}$ ,  $G_{\text{ул}}$ ,  $G_{\text{ун}}$  – масса пыли, соответственно поступившей в пылеуловитель с загрязненным воздухом, уловленной в нем и унесенной с уходящим воздухом, кг/ч;

$$G_{\text{вх}} = C_{\text{вх}} Q,$$

$$G_{\text{ун}} = C_{\text{вых}} Q,$$

где  $C_{\text{вх}}$ ,  $C_{\text{вых}}$  – концентрация пыли в воздухе на входе в аппарат и на выходе из него соответственно, мг/м<sup>3</sup>;

$Q$  – объем очищаемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч.

$G_{\text{ул}}$  определяют путем взвешивания осажденной в аппарате пыли.

### ***Пылеосадочные камеры***

В пылеосадочных камерах пылевые частицы отделяются от воздуха под действием силы тяжести (рис. 8.1). Принцип действия пылеосадочной камеры состоит в том, что запыленный газ поступает в камеру, поперечное сечение которой позволяет двигаться потоку при ламинарном режиме. Образование ламинарного режима обеспечивается резким расширением поперечного сечения камеры, следовательно, резким уменьшением скорости потока. Под действием силы тяжести крупная пыль оседает в бункер, а освобожденный от нее воздух вместе с тонкой пылью уносится за пределы камеры.

Такие камеры чаще всего применяют для грубой очистки воздуха, загрязненного крупнодисперсной пылью с размером частиц более  $10^{-4}$  м. У простых камер степень очистки обычно находится в пределах 50–60 %, а у лабиринтных достигает 85–90 %. К преимуществам пылесадочных камер относятся небольшое сопротивление, простота устройства и эксплуатации.

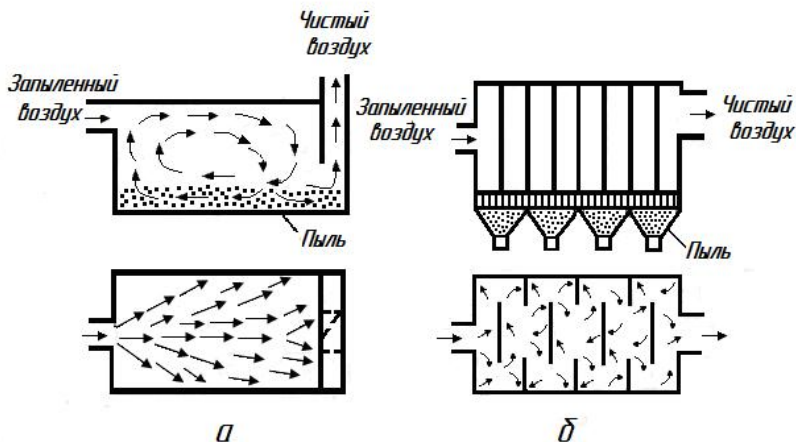


Рис. 8.1. Пылесадочные камеры:  
а – простая; б – лабиринтная

Так как масса пылевых частиц очень мала, скорость их осаждения также невелика. Поэтому скорость движения воздуха  $v$  по длине камеры в горизонтальном направлении выбирают из условия обеспечения ламинарного режима течения. Для этого необходимо, чтобы

$$v < \frac{v_{\text{ч}} l}{h}, \quad (8.2)$$

где  $l$  и  $h$  – соответственно, длина и высота пылесадочной камеры, м;  
 $v_{\text{ч}}$  – скорость витания частиц пыли, м/с.

Как правило, значения скорости  $v$  движения воздуха в камере должны быть в пределах 0,2–0,5 м/с.

Расчет пылеосадочных камер проводят в такой последовательности:

1. Сначала задают минимальные размеры пылевых частиц, которые необходимо уловить в пылеосадочной камере, и по номограмме (рис. 8.2) находят скорость их витания  $v_{\text{ч}}$ , м/с.

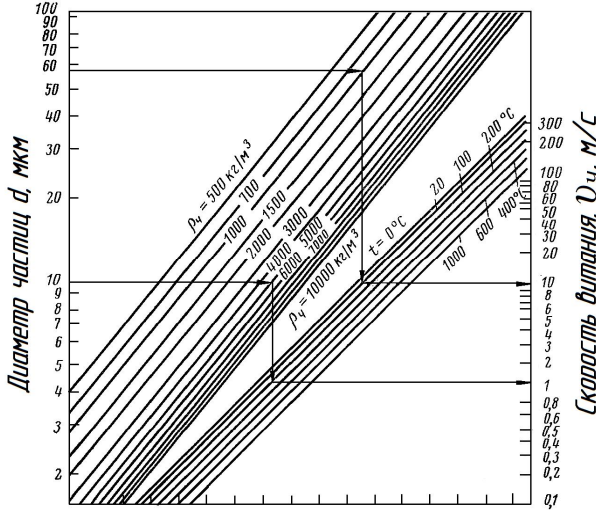


Рис. 8.2. Номограмма для определения скорости витания частиц пыли:  
 $\rho_{\text{ч}}$  – плотность пылевых частиц, кг/м<sup>3</sup>;  $t$  – температура газа, °С

Скорость витания пылевых частиц сферической формы диаметром до  $(5-6) \cdot 10^{-5}$  м при выполнении условия  $0 < \text{Re} < 1$  (где  $\text{Re}$  – число Рейнольдса) можно определить по формуле

$$v_{\text{ч}} \approx \frac{d^2 \rho_{\text{ч}}}{18\mu}, \quad (8.3)$$

где  $d$  – размер улавливаемых частиц пыли, м;

$\rho_{\text{ч}}$  – плотность пылевых частиц, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – динамическая вязкость среды, Па·с.

Динамическую вязкость среды (табл. 8.1) выбирают в зависимости от ее температуры  $t$  из представленных значений.

Динамическая вязкость среды

$t, ^\circ\text{C}:$	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20
$\mu \cdot 10^{-5}, \text{Па}\cdot\text{с}$	1,46	1,52	1,57	1,62	1,67	1,72	1,76	1,81
$t, ^\circ\text{C}$	30	40	50	60	70	80	90	100
$\mu \cdot 10^{-5}, \text{Па}\cdot\text{с}$	1,86	1,91	1,96	2,01	2,06	2,11	2,15	2,19

Число Рейнольдса рассчитывают по формуле

$$\text{Re} = \frac{\rho_c v l_n}{\mu} \quad (8.4)$$

или

$$\text{Re} = \frac{1,27 \rho_c Q_c}{\mu}, \quad (8.5)$$

где  $\rho_c$  – плотность среды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$v$  – средняя скорость поступательного движения среды,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$l_n$  – характерный размер поперечного сечения (при круглом сечении – его диаметр, при квадратном – сторона квадрата);

$Q_c$  – объемный расход через данное сечение,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

2. Зная объем очищаемого воздуха и принимая скорость движения воздуха в камере  $v=0,2-0,5$   $\text{м}/\text{с}$ , определяют площадь поперечного сечения пылеосадочной камеры,  $\text{м}^2$ :

$$S = bh = \frac{Q}{3600v}, \quad (8.6)$$

где  $b$  и  $h$  – соответственно, ширина и высота камеры,  $\text{м}$ ;

$Q$  – объем загрязненного воздуха, проходящего через камеру,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

3. Задавая высоту камеры  $h$ , находят ее ширину  $b$ ,  $\text{м}$ :

$$b = \frac{S}{h}. \quad (8.7)$$

4. Подбирают длину камеры, исходя из условия:

$$l \geq \frac{hv}{v_{\text{ч}}}. \quad (8.8)$$

**Пример расчета пылесосаочной камеры**

Рассчитать размеры пылесосаочной камеры для очистки  $4500 \text{ м}^3$  воздуха, загрязненного пылью, плотность частиц которой  $700 \text{ кг/м}^3$ , средний диаметр  $2 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ . Температура удаляемого воздуха –  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

*Решение.* По номограмме (см. рис. 8.2) находим скорость витания частиц пыли:  $v_{\text{ч}} = 0,8 \text{ м/с}$ .

Приняв скорость движения воздуха в пылесосаочной камере  $v = 0,5 \text{ м/с}$ , определяем площадь ее поперечного сечения по формуле (8.6):

$$S = bh = \frac{Q}{3600v} = \frac{4500}{3600 \cdot 0,5} = 2,5 \text{ м}^2.$$

Задавая высоту камеры  $h = 2,5 \text{ м}$ , найдем ее ширину по формуле (8.7):

$$b = \frac{S}{h} = \frac{2,5}{2,5} = 1 \text{ м}.$$

Минимальную длину камеры находим по формуле (8.8):

$$l = \frac{hv}{v_{\text{ч}}} = \frac{2,5 \cdot 0,5}{0,8} = 1,563 \text{ м}.$$

Приняв  $l = 1,6 \text{ м}$ , проверяем выполнение условия (8.2):

$$0,5 < \frac{1,6 \cdot 0,8}{2,5} \quad \text{или} \quad 0,5 < 0,512.$$

Условие выполняется, следовательно, размеры пылесосаочной камеры определены правильно.

## Циклоны

Циклоны применяют в основном для улавливания из воздуха пылевых частиц II, III и IV групп дисперсности. Частицы пыли V группы в таких устройствах эффективно не улавливаются.

Циклон представляет собой полый цилиндр с конусной нижней частью, внутри которого расположена выпускная труба. Запыленный воздух подается через входной патрубок, установленный тангенциально в верхней части циклона (рис. 8.3).

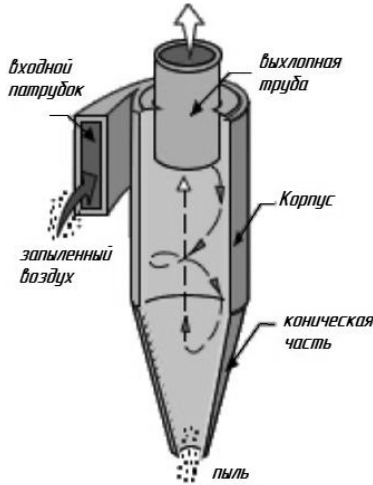


Рис. 8.3. Циклон

В циклонах отделение взвешенных частиц от воздуха происходит за счет центробежной силы, действующей на частицы очищаемого воздуха при его вращении и одновременном движении вниз, поэтому циклоны часто называют *центробежными пылеотделителями*.

Твердые частицы газовой смеси, войдя во входной патрубок, начинают вращаться. Далее они отбрасываются к краям внутренней поверхности циклона и, ударяясь о них, теряют кинетическую энергию и осыпаются в конус циклона, а затем и в бункер.

Энергетические потери в циклоне характеризует *коэффициент сопротивления*  $\xi$ , представляющий собой отношение полных потерь давления в циклоне  $p_{\text{ц}}$  к динамическому давлению  $p_{\text{д}}$  в каком-либо его сечении (во входном патрубке или поперечном сечении корпуса):



Таблица 8.2

Конструктивные размеры циклонов НИИОГАЗ серии ЦН-15, мм

$D$	$A$	$d$	$d_1$	$d_2$	$H$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$h_5$	$a$	$b$	$b_1$	$l$	$\delta$
800	750	700	650	600	550	500	450	400	350	300	250	200	150	100	
6000	5630	5260	4890	4520	4150	3780	3410	3040	2670	2300	1930	1560	1190	820	
480	450	420	390	360	330	300	270	240	210	180	150	120	90	60	
240	225	210	195	180	165	150	135	120	105	90	75	60	40		
470	450	410	400	365	350	325	310	280	250	210	180	160	155	105	
3665	3435	3210	2980	2750	2520	2289	2061	1833	1605	1377	1149	918	720	492	
1600	1500	1400	1300	1200	1100	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	
1825	1710	1600	1485	1370	1255	1139	1026	913	800	687	574	458	345	232	
240	225	210	195	180	165	150	135	120	105	90	75	60	40		
1405	1320	1235	1146	1060	972	879	792	705	618	531	444	354	297	212	
192	180	168	156	144	132	120	108	96	84	72	60	48	32		
528	495	462	429	396	363	330	297	294	231	198	165	132	99	66	
168	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	
208	195	182	169	156	143	130	117	104	91	78	65	52	41	29	
480	450	420	390	360	330	300	270	240	210	180	150	120	110	90	
5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	2	2	2	

*Примечание.* Для  $D$ ,  $d$  и  $d_1$  даны внутренние размеры.

Высокопроизводительный циклон ЦН-24 с углом наклона входного патрубка  $\alpha = 24^\circ$  применяют в качестве первой ступени очистки при значительной концентрации крупнодисперсной пыли в воздухе. Для улавливания мелких частиц диаметром  $(5-10) \cdot 10^{-6}$  м разработан циклон повышенной эффективности ЦН-11 с углом  $\alpha = 11^\circ$ .

Характеристики циклонов различных типов при одинаковой пропускной способности и сопротивлении 1000 Па даны в табл. 8.3.

Внутренний диаметр  $D$ , на основе которого определяют другие конструктивные размеры циклонов, может быть выбран как по табл. 8.2, так и из следующего ряда значений, мм: 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2400 и 3000.

Таблица 8.3

Основные характеристики циклонов НИИОГАЗ

Марка циклона	Коэффициент гидравлического сопротивления		Высота, м					
	$\zeta_{\text{пл}}$	$\zeta_{\text{вх}}$	входного патрубка	выхлопной трубы	цилиндрической части	конической части	внешней части выхлопной трубы	общая
ЦН-11	250	6,1	0,48D	1,56	2,06	2	0,3	4,36
ЦН-15у	170	8,2	0,66D	1,5	1,51	1,5	0,3	3,31
ЦН-24	80	10,9	1,11D	2,11	2,11	1,75	0,4	4,26

*Примечание.* Для всех циклонов внутренний диаметр выпускной трубы  $d = 0,59D$ .

Расчет пылесадочных камер проводят в следующей последовательности:

1. Зная производительность циклона  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч, и оптимальную скорость движения воздуха в поперечном сечении корпуса циклона  $W_{\text{ц.опт.}}$ , м/с (табл. 8.4), вычисляют диаметр циклона:

$$D_p = 0,0188 \sqrt{\frac{Q}{W_{\text{ц.опт.}}}} \quad (8.10)$$

Таблица 8.4

Расчетные параметры циклонов

Параметр	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-15у	ЦН-24	СКД-ЦН-33	СКД-ЦН-34
$K$	41,4	41,4	41,4	46,9	34,97	34,97
$d_{50ц}$ , мкм	2,47	3,06	3,48	4,71	1,428	1,297
$\sigma_{ц}$	0,3979	0,3979	0,3979	0,3979	0,4281	0,415
$\sigma_{ц}^2$	0,158	0,158	0,158	0,158	0,183	0,1732
$W_{ц.опт.}$ , м/с	3,5	3,5	3,5	4,5	2,5	2,5

2. Полученное значение округляют до ближайшего из стандартного ряда. Затем на основе принятого значения диаметра циклона  $D$  находят его другие конструктивные параметры (табл. 8.2, 8.3).

3. Рассчитывают действительную скорость движения запыленного воздуха в циклоне, м/с:

$$W_{ц} = \frac{Q}{2826 \cdot D^2}. \quad (8.11)$$

4. Определяют фракционный коэффициент очистки циклонов, %:

$$\eta_{фр} = 50[1 + \Phi(x)], \quad (8.12)$$

где  $\Phi(x)$  – логарифмическая функция вероятностного распределения, определяемая в зависимости от параметра распределения  $x$  по табл. 8.5.

5. Величину  $x$  вычисляют по формуле

$$x = \frac{\lg \left[ \frac{d'}{1000 \cdot d_{50ц} \cdot K \sqrt{\frac{D \cdot \mu}{\rho_{п} \cdot W_{ц}}}} \right]}{\sigma_{цп}}, \quad (8.13)$$

где  $d'$  – наибольший размер частиц фракций пыли, для которой определяют коэффициент очистки, мкм;

$d_{50ц}$  – диаметр частиц, которые в условном циклоне улавливаются на 50 %, мкм (см. табл.8.4);

$K$  – коэффициент, значения которого зависят от типа циклона (см. табл. 8.4);

$\mu$  – динамическая вязкость воздуха, Па·с;

$\rho_{п}$  – плотность частиц пыли, кг/м<sup>3</sup>;

$\sigma_{шт}$  – характеристика полидисперсности пыли, или дисперсия.

Таблица 8.5

Логарифмическая функция вероятностного распределения

$x; x'$	$\Phi(x); \Phi(x')$	$x; x'$	$\Phi(x); \Phi(x')$	$x; x'$	$\Phi(x); \Phi(x')$	$x; x'$	$\Phi(x); \Phi(x')$	$x; x'$	$\Phi(x); \Phi(x')$
0,01	0,0080	0,40	0,3108	0,79	0,5705	1,18	0,7620	1,57	0,8836
0,02	0,016	0,41	0,3182	0,80	0,5763	1,19	0,7660	1,58	0,8859
0,03	0,0239	0,42	0,3255	0,81	0,5821	1,20	0,7699	1,59	0,8882
0,04	0,0319	0,43	0,3328	0,82	0,5878	1,21	0,7737	1,60	0,8904
0,05	0,0399	0,44	0,3401	0,83	0,5935	1,22	0,7775	1,61	0,8926
0,06	0,0478	0,45	0,3473	0,84	0,5991	1,23	0,7813	1,62	0,8948
0,07	0,0558	0,46	0,3545	0,85	0,6047	1,24	0,7850	1,63	0,8969
0,08	0,0638	0,47	0,3616	0,86	0,6102	1,25	0,7887	1,64	0,8990
0,09	0,0717	0,48	0,3688	0,87	0,6157	1,26	0,7923	1,65	0,9011
0,10	0,0797	0,49	0,3759	0,88	0,6211	1,27	0,7959	1,66	0,9031
0,11	0,0876	0,50	0,3829	0,89	0,6265	1,28	0,7995	1,67	0,9051
0,12	0,0955	0,51	0,3899	0,90	0,6319	1,29	0,8029	1,68	0,9070
0,13	0,1034	0,52	0,3969	0,91	0,6372	1,30	0,8064	1,69	0,9090
0,14	0,1113	0,53	0,4039	0,92	0,6424	1,31	0,8098	1,70	0,9109
0,15	0,1192	0,54	0,4108	0,93	0,6475	1,32	0,8132	1,71	0,9127
0,16	0,1271	0,55	0,4177	0,94	0,6528	1,33	0,8163	1,72	0,9146
0,17	0,1350	0,56	0,4245	0,95	0,6579	1,34	0,8198	1,73	0,9164
0,18	0,1428	0,57	0,4313	0,96	0,6629	1,35	0,8230	1,74	0,9181
0,19	0,1507	0,58	0,4381	0,97	0,6680	1,36	0,8262	1,75	0,9199
0,20	0,1585	0,59	0,4448	0,98	0,6729	1,37	0,8293	1,76	0,9216
0,21	0,1663	0,60	0,4515	0,99	0,6778	1,38	0,8324	1,77	0,9233
0,22	0,1741	0,61	0,4581	1,00	0,6827	1,39	0,8355	1,78	0,9246
0,23	0,1819	0,62	0,4647	1,01	0,6875	1,40	0,8385	1,79	0,9263
0,24	0,1897	0,63	0,4713	1,02	0,6923	1,41	0,8415	1,80	0,9281

Окончание таблицы 8.5

$x; x'$	$\Phi(x); \Phi(x')$	$x; x'$	$\Phi(x); \Phi(x')$	$x; x'$	$\Phi(x); \Phi(x')$	$x; x'$	$\Phi(x); \Phi(x')$	$x; x'$	$\Phi(x); \Phi(x')$
0,25	0,1974	0,64	0,4778	1,03	0,6970	1,42	0,8444	1,81	0,9297
0,26	0,2051	0,65	0,4843	1,04	0,7017	1,43	0,8475	1,82	0,9312
0,27	0,2128	0,66	0,4907	1,05	0,7063	1,44	0,8501	1,83	0,9328
0,28	0,2205	0,67	0,4971	1,06	0,7109	1,45	0,8529	1,84	0,9342
0,29	0,2282	0,68	0,5035	1,07	0,7154	1,46	0,8557	1,85	0,9357
0,30	0,2358	0,69	0,5098	1,08	0,7199	1,47	0,8584	1,86	0,9371
0,31	0,2434	0,70	0,5161	1,09	0,7243	1,48	0,8611	1,87	0,9385
0,32	0,2510	0,71	0,5223	1,10	0,7287	1,49	0,8638	1,88	0,9399
0,33	0,2586	0,72	0,5285	1,11	0,7330	1,50	0,8664	1,89	0,9412
0,34	0,2661	0,73	0,5346	1,12	0,7373	1,51	0,8690	1,90	0,9426
0,35	0,2737	0,74	0,5407	1,13	0,7415	1,52	0,8715	1,91	0,9439
0,36	0,2812	0,75	0,5467	1,14	0,7457	1,53	0,8740	1,92	0,9451
0,37	0,2886	0,76	0,5527	1,15	0,7499	1,54	0,8764	1,93	0,9464
0,38	0,2961	0,77	0,5587	1,16	0,7540	1,55	0,8789	1,95	0,9488
0,39	0,3035	0,78	0,5646	1,17	0,7580	1,56	0,8812	1,96	0,9500
1,97	0,9512	2,05	0,9596	2,25	0,9756	2,45	0,9857	2,65	0,9920
1,98	0,9523	2,10	0,9643	2,30	0,9786	2,50	0,9876	2,70	0,9931
1,99	0,9534	2,15	0,9684	2,35	0,9812	2,55	0,9892		
2,00	0,9545	2,20	0,9722	2,40	0,9836	2,60	0,9907		

6. Определяют общую эффективность пылеулавливания, %:

$$\eta_{об} = 50[1 + \Phi(x')]. \quad (8.14)$$

Значения функции  $\Phi(x')$  определяют по табл. 8.5.

7. Величину  $x'$  находят по формуле

$$x' = \frac{\lg \frac{d_{50}}{1000 \cdot d_{50н}} K \sqrt{\frac{D \mu}{\rho_{п} W_{п}}}}{\sqrt{\sigma_{п}^2 + \lg^2 \frac{d_{50}}{d_{16}}}}, \quad (8.15)$$

где  $d_{50}$  – медиана распределения (диаметр частиц, при котором суммарная масса всех частиц, имеющих размер менее  $d_{50}$ , составляет 50 % массы всей пыли);

$d_{16}$  – диаметр частиц улавливаемой пыли, при котором суммарная масса всех частиц диаметром менее  $d_{16}$  составляет 16 % массы всей пыли.

8. Если очистка воздуха от пыли производится в нескольких последовательно установленных циклонах, то процесс очистки должен начинаться в циклоне большего диаметра, так как с уменьшением диаметра коэффициент очистки циклонов возрастает. При этом общий коэффициент очистки определяется по формуле

$$\eta_{\text{об}} = [1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n)] 100 \%, \quad (8.16)$$

где  $\eta_1, \dots, \eta_n$  – коэффициенты очистки первого, второго и  $n$ -го циклонов соответственно, %.

9. Сопротивление циклона определяют по формуле, Па:

$$p_{\text{ц}} = \xi_{\text{пл}} \cdot W_{\text{ц}}^2 \cdot \frac{\rho_t}{2}, \quad (8.17)$$

где  $\rho_t$  – плотность очищаемого воздуха при конкретной заданной температуре  $t$ , которую можно определить по формуле

$$\rho_t = \frac{353}{273 + t}.$$

Сопротивление циклона можно также рассчитать по формуле

$$p_{\text{ц}} = \frac{0,81 \cdot \xi_{\text{пл}} \cdot \rho_t \cdot q_{\text{с}}^2}{D^4}, \quad (8.18)$$

где  $q_{\text{с}}$  – секундный расход воздуха через циклон, м<sup>3</sup>/с;

$D$  – диаметр корпуса циклона, м.

### **Пример расчета циклона**

Система аспирации удаляет 2450 м<sup>3</sup>/ч воздуха, имеющего температуру 20 °С и загрязненного зерновой пылью. Рассчитать параметры циклона серии ЦН-15, обеспечивающего очистку воздуха от пыли при  $d_{50} = 25$  мкм,  $\rho_{п} = 2706$  кг/м<sup>3</sup>,  $d_{16} = 10,86$  мкм.

*Решение.* Зная производительность циклона  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч, и оптимальную скорость движения воздуха в поперечном сечении циклона  $W_{ц,опт.} = 3,5$  м/с (см. табл. 8.4), вычисляем диаметр циклона по формуле (8.10):

$$D_p = 0,0188 \sqrt{\frac{Q}{W_{ц,опт.}}} = 0,0188 \sqrt{\frac{3500}{3,5}} = 0,497 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр циклона  $D_p = 500$  мм (см. табл. 8.3). Тогда действительная скорость движения воздуха в циклоне (определяем по формуле (8.11))

$$W_{ц} = \frac{Q}{2826 \cdot D^2} = \frac{2450}{2826 \cdot 0,5^2} = 3,47 \text{ м/с.}$$

Вычисляем величину  $x$  по формуле (8.13):

$$x = \frac{\lg \left[ \frac{d'}{1000 \cdot d_{50ц} \cdot K \sqrt{\frac{D \cdot \mu}{\rho_{п} \cdot W_{ц}}}} \right]}{\sigma_{цп}} =$$
$$= \frac{\lg \left[ \frac{40}{1000 \cdot 3,06 \cdot 41,4 \sqrt{\frac{0,5 \cdot 1,81 \cdot 10^{-5}}{2706 \cdot 3,47}}} \right]}{2} = 0,5.$$

где  $d' = 40$  мкм – наибольший размер частиц фракций пыли;

$d_{50ц} = 3,06$  мкм – диаметр частиц, которые в условном циклоне улавливаются на 50 %, мкм (см. табл. 8.4);

$K = 41,4$  – коэффициент, значения которого зависят от типа циклона (см. табл. 8.4);

$\mu = 1,81 \cdot 10^{-5}$  Па·с – динамическая вязкость воздуха (см. табл. 8.1).

$\rho_{п} = 2706$  кг/м<sup>3</sup> – плотность частиц пыли;

$\sigma_{цн} = 2$  – характеристика полидисперсности пыли, или дисперсия.

Фракционный коэффициент очистки циклона определяем по формуле (8.12):

$$\eta_{фр} = 50[1 + \Phi(x)] = 50[1 + 0,3829] = 69,14 \%$$

при  $x = 0,5$ ,  $\Phi(x) = 0,3829$  (см. табл. 8.5).

Рассчитываем величину  $x'$  по формуле (8.15):

$$x' = \frac{\lg \frac{d_{50}}{1000 \cdot d_{50ц} \cdot K \sqrt{\frac{D \cdot \mu}{\rho_{п} \cdot W_{ц}}}}}{\sqrt{s_{ц}^2 + \lg^2 \frac{d_{50}}{d_{16}}}} =$$

$$= \frac{\lg \frac{25}{1000 \cdot 3,06 \cdot 41,4 \sqrt{\frac{0,5 \cdot 1,81 \cdot 10^{-5}}{2706 \cdot 3,74}}}}{\sqrt{0,3979^2 + \lg^2 \frac{25}{10,86}}} = 1,49.$$

Общую эффективность пылеулавливания определяем по формуле (8.14):

$$\eta_{\text{оо}} = 50[1 + \Phi(x')] = 50[1 + 0,8638] = 93,19 \text{ \%}.$$

при  $x' = 1,49$ ,  $\Phi(x') = 0,8638$  (см. табл. 8.5).

Сопротивление циклона определяем по формуле (8.17):

$$P_{\text{ц}} = \xi_{\text{пл}} \cdot W_{\text{ц}}^2 \cdot \frac{\rho_t}{2} = 160 \cdot 3,47^2 \cdot \frac{1,205}{2} = 1161 \text{ Па},$$

где  $\xi_{\text{пл}} = 160$  – коэффициент циклона серии ЦН-15;

$\rho_t$  – плотность очищаемого воздуха при конкретной заданной температуре  $t$ ,  $\rho_t = \frac{353}{273 + t} = \frac{353}{273 + 20} = 1,205 \text{ кг/м}^3$ .

### ***Рукавные фильтры***

В рукавных фильтрах очистка воздуха от пыли происходит в процессе его фильтрации через ткань, сшитую в виде отдельных рукавов и встроенную в герметичный корпус фильтра (рис. 8.5).

Рукавные фильтры любой конструкции представляют собой разборный шкаф, разделенный вертикальными перегородками на секции.

В каждой секции размещены фильтрующие рукава цилиндрической формы, выполненные в виде обтянутого специальной тканью металлического каркаса.

Рукава периодически очищаются от осаждающейся на них пыли в результате встряхивания их с помощью специального механизма и обратной продувки воздуха, которая осуществляется после пере-становки клапана в коробке.

Рукавные фильтры бывают всасывающего и напорного типов. Рукава изготавливают из плотных тканей (хлопчатобумажных, капрона, лавсана и др.), чаще всего с начесом. Накапливающаяся на них пыль повышает эффективность очистки, являясь дополнительным фильтрующим слоем.

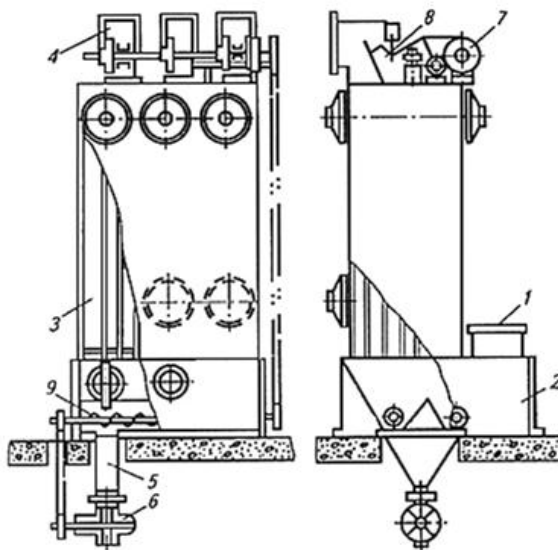


Рис. 8.5. Фильтр рукавный самовстряхивающийся:

1 – входной патрубок; 2 – корпус; 3 – фильтрующий рукав; 4 – клапанная коробка;  
5 – пылесборник; 6 – выпускной клапан; 7 – встряхивающее устройство;  
8 – клапан; 9 – шнек

Эффективность очистки воздуха от пыли у рукавных фильтров составляет 98 % и выше, однако они очень громоздки и создают довольно большое сопротивление проходу воздуха – до 1000 Па.

Основные параметры рукавных фильтров, выпускаемых промышленностью, указаны в табл. 8.6.

Таблица 8.6

Технические характеристики рукавных фильтров

Марка фильтра	Площадь поверхности фильтрации, м <sup>2</sup>		Число элементов			Диаметр рукава, мм	Длина рукава, мм	Масса фильтра, кг
	общая	рабочая	секции	рукава в секции	рукава в фильтре			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ФВК-30	30	15	2	18	36	135	2060	1053
ФВК-60	60	45	4	18	72	135	2060	1682

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ФВК-90	90	75	6	18	108	135	2060	2300
ФРМ1-6	126	105	6	10	60	135	2060	5776
ФРМ1-8	168	147	8	10	80	135	2060	7147
ФРМ1-9	210	189	10	10	100	135	2060	8633
ФВВ-45	45	30	3	18	54	135	2090	1735
ФВВ-60	60	45	4	18	72	135	2090	2135
ФВВ-90	90	75	6	18	108	135	2090	2935
ФТНС-4	12	12	1	4	4	385	2500	950
ФТНС-8	24	24	2	4	8	385	2500	990
ФТНС-12	36	36	3	4	12	385	2500	1485
ФВВ-45	45	30	3	18	54	135	2090	1735

При невысоких концентрациях пыли (200–5000 мг/м<sup>3</sup>) в очищаемом воздухе рукавные фильтры – единственная ступень очистки, а при высоких концентрациях (более 5000 мг/м<sup>3</sup>) перед ними устанавливают циклоны.

Рукавные фильтры рассчитывают в следующем порядке.

1. Сначала вычисляют необходимую площадь фильтрации, м<sup>2</sup>:

$$S = \frac{Q}{q_B}, \quad (8.19)$$

где  $Q$  – расход очищаемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$q_B$  – удельная воздушная нагрузка, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч), при отсутствии данных можно принять  $q_B = 50$  м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч).

2. Затем определяют требуемое число рукавных фильтров

$$n_p = \frac{S}{S_1}. \quad (8.20)$$

где  $S_1$  – суммарная площадь ткани рукавов в одном фильтре, м<sup>2</sup> (табл. 8.6).

3. Фактическую воздушную нагрузку на ткань, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч) рассчитывают по формуле

$$q_{\phi} = \frac{Q}{S_1 n_p}. \quad (8.21)$$

Рукавный фильтр с определенными расчетом параметрами должен обеспечить эффективность очистки воздуха от пыли не ниже 98 %.

**Пример расчета рукавного фильтра**

Определить необходимое количество рукавных фильтров ФТНС-8 и фактическую нагрузку на ткань, если: расход очищаемого воздуха  $Q = 4950 \text{ м}^3/\text{ч}$ , удельная воздушная нагрузка  $q_{\text{в}} = 50 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

*Решение.* Зная производительность рукавного фильтра  $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , вычисляем необходимую площадь фильтрации по формуле (8.19):

$$S = \frac{Q}{q_{\text{в}}} = \frac{4950}{50} = 99 \text{ м}^2.$$

Требуемое число рукавных фильтров определяем по формуле (8.20):

$$n_p = \frac{S}{S_1} = \frac{99}{24} = 4,13 \approx 4,$$

где  $S_1 = 24 \text{ м}^2$  – суммарная площадь ткани рукавов в одном фильтре (см. табл. 8.6).

Фактическую воздушную нагрузку на ткань рассчитываем по формуле (8.21):

$$q_{\phi} = \frac{Q}{S_1 n_p} = \frac{4950}{24 \cdot 4} = 51,56 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

## Ячейковые фильтры

Унифицированные ячейковые фильтры конструктивно выполнены в виде металлического коробчатого корпуса (рис. 8.6), в который вставляют 12 гофрированных сеток, выполненных из различных фильтрующих материалов: металла (фильтры ФяР), винилпласта (фильтры ФяВ), ультратонкого стекловолокна (фильтры ФяУ) или модифицированного пенополиуретана (фильтры ФяП). Перед установкой сетки смачивают маслом.

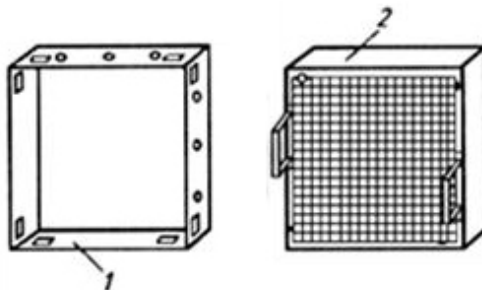


Рис. 8.6. Ячейковый масляный фильтр ФяР системы «Рекка»:  
1 – коробка; 2 – гофрированная сетка

Ячейковые фильтры всех видов изготавливают прямоугольной формы с размерами сторон, кратными 250 мм. Глубина ячеек определяется требованиями к эффективности очистки и сопротивлению устройству. Ячейковые фильтры обычно собирают в панель, через которую пропускают запыленный воздух. При загрязнении фильтров до предельной величины фильтрующий материал либо заменяют новым (в фильтрах ФяУ), либо регенерируют, промывая их горячей водой, горячим содовым раствором, продувая паром и т. п.

Ячейковые фильтры обладают небольшой пылеемкостью, поэтому их применяют для очистки при невысокой концентрации пыли (до  $10 \text{ мг/м}^3$ ) обычно в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха. Эффективность пылеулавливания фильтров на атмосферной пыли достигает 90 %, а сопротивление составляет 40–60 Па, хотя по мере накопления пыли в фильтре оно может возрастать до 300 Па. Основные параметры ячейковых фильтров указаны в табл. 8.7.

Таблица 8.7

## Технические данные ячеяковых фильтров

Марка фильтра	Наполнитель	Начальное / конечное сопротивление, Па	Удельная пылеемкость, г/м <sup>2</sup>	Масса, кг
ФяР	Гофрированные металлические сетки	40/300	1500	7,9
ФяВ	Гофрированные винипластовые сетки	50/300	2000	4
ФяУ	Ультратонкое стекловолокно	40/300	400	3
ФяП	Модифицированный пенополиуретан	60/300	200	3,3

*Примечание.* Для всех фильтров: размеры 514×514×55 мм; площадь рабочего сечения 0,22 м<sup>2</sup>; пропускная способность 1540 м<sup>3</sup>/ч при удельной воздушной нагрузке 7000 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч); эффективность очистки до 80 %.

Рукавные фильтры рассчитывают в следующем порядке.

1) В начале расчета определяют допустимую концентрацию пыли в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>:

$$C_{\text{пр}} = 0,3C_{\text{ПДК}}, \quad (8.22)$$

где  $C_{\text{ПДК}}$  – предельно допустимая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup>.

2. Далее рассчитывают требуемую эффективность очистки воздуха от пыли, %, по формуле

$$\eta = \frac{100(C_0 - C_{\text{пр}})}{C_0}, \quad (8.23)$$

где  $C_0$  – концентрация пыли в очищаемом воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

3. Затем подбирают по каталогу ячеяковый фильтр, обеспечивающий требуемую степень очистки воздуха.

4. Зная пропускную способность одного фильтра, подсчитывают необходимое число фильтров

$$n = \frac{Q}{q}, \quad (8.24)$$

где  $Q$  – расход очищаемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$q$  – пропускная способность (воздушная загрузка) одного ячейкового фильтра, м<sup>3</sup>/ч.

5. Суммарная площадь фильтрующей поверхности, м<sup>2</sup>:

$$S = abn, \quad (8.25)$$

где  $a$ ,  $b$  – размеры поперечного сечения фильтра, м.

6. Суммарная пылеемкость фильтров, г:

$$\Pi = pS, \quad (8.26)$$

где  $p$  – удельная пылеемкость фильтра, г/м<sup>2</sup>.

7. Продолжительность эксплуатации фильтров без замены или регенерации фильтрующего материала, ч:

$$\tau = 1000 \frac{\Pi}{(C_o - C_{np})Q}. \quad (8.27)$$

Если продолжительность эксплуатации фильтров оказывается неудовлетворительной, то ее увеличивают, устанавливая большее число ячейковых фильтров.

#### ***Пример расчета ячейкового фильтра***

Рассчитать ячейковый фильтр для очистки 4600 м<sup>3</sup>/ч воздуха, удаляемого системой вентиляции от шлифовальных станков, если концентрация пыли в очищаемом воздухе составляет 30 мг/м<sup>3</sup>, а ее предельно допустимая концентрация равна 6 мг/м<sup>3</sup>.

*Решение.* Допустимую концентрацию пыли в приточном воздухе определяем по формуле (8.22):

$$C_{\text{пр}} = 0,3C_{\text{ПДК}} = 0,3 \cdot 6 = 1,8 \text{ мг/м}^3.$$

Требуемую эффективность очистки воздуха от пыли рассчитываем по формуле (8.23):

$$\eta = \frac{100(C_0 - C_{\text{пр}})}{C_0} = \frac{100(30 - 1,8)}{30} = 94 \%$$

Выбираем ячейковый фильтр марки ФяР и определяем необходимое число фильтров по формуле (8.24):

$$n = \frac{Q}{q} = \frac{4600}{1540} = 2,98 \approx 3,$$

где  $q = 1540 \text{ м}^3/\text{ч}$  – пропускная способность одного фильтра (см. табл. 8.7).

Суммарную площадь фильтрующей поверхности пыли рассчитываем по формуле (8.25):

$$S = abn = 0,514 \cdot 0,514 \cdot 3 = 0,793 \text{ м}^2,$$

где  $a \times b = 0,514 \times 0,514 \text{ м}$  – размеры поперечного сечения одного фильтра (см. табл. 8.7).

Суммарную пылеемкость рассчитываем по формуле (8.26):

$$\Pi = pS = 1500 \cdot 0,793 = 1189,5 \text{ г},$$

где  $p = 1500 \text{ г/м}^2$  – удельная пылеемкость одного фильтра марки ФяР (см. табл. 8.7).

Продолжительность эксплуатации фильтров без регенерации фильтрующего материала определяем по формуле (8.27):

$$\tau = 1000 \frac{\Pi}{(C_o - C_{np})Q} = 1000 \frac{1189,5}{(30 - 1,8)4600} = 9,2 \text{ ч.}$$

С учетом установленной на предприятии продолжительности рабочей смены можно принять  $\tau = 8$  ч.

### Контрольные вопросы и задания по теме занятия

1. Как классифицируется пыль по происхождению?
2. Как классифицируется пыль по степени измельчения (дисперсности)?
3. На какие группы подразделяются пылеулавливающие устройства по степени очистки?
4. В чем заключается принцип действия пылеосадочных камер?
5. В чем заключается принцип действия циклонов?
6. В чем заключается принцип действия рукавных фильтров?
7. В чем заключается принцип действия ячеяковых фильтров?
8. Назовите основные характеристики пылеулавливающих устройств.
9. Рассчитать размеры пылеосадочной камеры для очистки воздуха, загрязненного пылью (по вариантам, табл. 8.8). Температура удаляемого воздуха составляет  $+20^\circ\text{C}$ .

Таблица 8.8

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	4000	4700	5500	3400	3800	4900	3500	4500	4500
$\rho_{\text{п}}, \text{ кг}/\text{м}^3$	500	700	1000	1500	2000	3000	500	1000	700
$d, \text{ мкм}$	5	10	7	20	8	25	15	25	30

10. Система аспирации удаляет загрязненный зерновой пылью воздух, имеющий температуру  $t^\circ\text{C}$ . Рассчитать параметры циклона, обеспечивающего очистку воздуха от пыли (по вариантам, табл. 8.9).

Таблица 8.9

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	2100	2700	2500	2900	2400	2800	3500	3000	2300
$t$ , °С	20	25	20	25	20	25	20	25	25
Марка циклона	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-11	ЦН-15у	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-24
$d_{50}$ , мкм	25	20	15	28	30	27	18	22	19
$\rho_{п}$ , кг/м <sup>3</sup>	2706								
$d_{16}$ , мкм	10,86								
$d'$ , мкм	40								

11. Рассчитать рукавный фильтр (по вариантам, табл. 8.10).

Таблица 8.10

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	2100	2050	2500	2250	2400	2850	2600	2400	2300
Марка фильтра	ФТНС-4	ФТНС-8	ФТНС-12	ФТНС-4	ФТНС-8	ФТНС-12	ФТНС-4	ФТНС-8	ФТНС-12

12. Рассчитать ячейковый фильтр (по вариантам, табл. 8.11).

Таблица 8.11

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	3100	4500	2000	3900	6400	2850	1500	2600	3300
$C_{пдк}$ , мг/м <sup>3</sup>	2	5	4	6	4	5	4	6	4
$C_o$ , мг/м <sup>3</sup>	20	15	10	12	25	28	30	14	12

## Практическое занятие № 9

### БЕЗОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

**Цель занятия:** приобрести знания и навыки по правилам безопасного производства грузоподъемных работ; изучить установленные требования к устройству, эксплуатации грузоподъемных механизмов, их узлов, включая приборы и устройства безопасности.

#### **Задачи занятия:**

1. Изучить основные типы грузоподъемных механизмов и их элементы.
2. Изучить порядок регистрации и пуска в работу грузоподъемных кранов.
3. Изучить порядок организации работ с грузоподъемными машинами и механизмами.
4. Изучить требования к техническому обеспечению грузоподъемных работ.
5. Овладеть практическими навыками расчета строповочных канатов.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Изложить порядок регистрации грузоподъемных кранов.
3. Изложить порядок пуска в работу грузоподъемных кранов.
4. Произвести расчет строповочных канатов (по вариантам, указанным преподавателем).
5. Оформить отчет.
6. Проверить знания по теме занятия, ответив на контрольные вопросы.

#### **Общие положения**

Для механизации погрузочно-разгрузочных работ используются грузоподъемные машины и механизмы.

Безопасность использования грузоподъемных механизмов является важнейшей составляющей обеспечения безопасности производственных процессов во всех отраслях народного хозяйства, включая АПК.

Основополагающим документом, регламентирующим устройство и безопасную эксплуатацию грузоподъемных механизмов, являются «Правила по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов», утвержденные постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь № 37 от 28.06.2012 г. (далее – Правила). Правила являются обязательными для всех организаций независимо от их организационно-правовой формы и формы собственности, а также для индивидуальных владельцев грузоподъемных кранов.

Правила устанавливают требования к проектированию, устройству, изготовлению, реконструкции, монтажу, установке, ремонту, эксплуатации и диагностированию грузоподъемных кранов, их узлов и механизмов, включая приборы и устройства безопасности, а также грузозахватных органов, грузозахватных приспособлений и тары.

Правила распространяются:

- на грузоподъемные краны всех типов, включая мостовые краны-штабелеры с машинным приводом и краны-манипуляторы;
- грузовые электрические тележки, передвигающиеся по надземным рельсовым путям совместно с кабиной управления;
- краны-экскаваторы, используемые для работы только с крюком, подвешенным на канате, или электромагнитом;
- электрические тали;
- приспособления для грузоподъемных операций:
  - грузозахватные органы (крюки, грейферы, грузоподъемные электромагниты, клещевые захваты и т. п.);
  - съемные грузозахватные приспособления (стропы, клещи, траверсы и т. п.).

Перед выпуском в обращение грузоподъемные краны, приспособления для грузоподъемных операций, тали электрические канатные и цепные должны в порядке, установленном ТР ТС 010/2011, а также иными ТР ТС, действие которых на них распространяется, пройти процедуры подтверждения соответствия и иметь документы установленного образца.

### ***Регистрация грузоподъемных кранов***

До пуска в работу краны всех типов подлежат регистрации в Госпромнадзоре, кроме следующих:

- краны мостового типа и консольные краны грузоподъемностью до 10 т включительно, управляемые с пола посредством кнопочного аппарата, подвешенного на кране, или со стационарного пульта,

а также управляемые дистанционно по радиоканалу или однопроводной линии связи;

- краны стрелового типа грузоподъемностью до 1 т включительно;

- краны-манипуляторы, устанавливаемые на фундаменте;

- краны-манипуляторы автомобильные, пневмоколесные, короткобазовые, гусеничные, на специальном шасси, на шасси колесного и гусеничного тракторов, рельсовые, железнодорожные, переставные, прицепные, самоустанавливающиеся грузоподъемностью до 5 т включительно или с грузовым моментом до 15 т·м включительно;

- краны стрелового типа с постоянным вылетом или не снабженные механизмом поворота;

- переставные краны для монтажа мачт, башен, труб, устанавливаемые на монтируемом сооружении;

- краны мостового типа и башенные краны, используемые в учебных целях на полигонах учреждений образования;

- краны, установленные на экскаваторах, дробильно-перегрузочных агрегатах, отвалообразователях и других технологических машинах, используемые только для ремонта этих машин;

- электрические тали;

- лебедки для подъема груза и (или) людей.

Грузоподъемные краны подлежат перерегистрации в месячный срок после:

- реконструкции;

- изменения юридического адреса владельца грузоподъемного крана, если указанное изменение происходит за пределами одной административно-территориальной единицы Республики Беларусь (области);

- ремонта грузоподъемного крана, если на кран был составлен новый паспорт;

- изготовления дубликата паспорта грузоподъемного крана после утраты оригинала.

Для перерегистрации крана, подвергнутого реконструкции, должен быть представлен новый паспорт, составленный организацией, производившей реконструкцию, или паспорт организации-изготовителя с изменениями. К паспорту должна быть приложена следующая документация:

- справка о характере реконструкции, подписанная специализированной организацией, разработавшей проект реконструкции;

- новая характеристика крана и чертежи общего вида крана с основными габаритными размерами, если они изменились;
- принципиальные электрическая и гидравлическая схемы при их изменении;
- кинематические схемы механизмов и схемы запасовки канатов при их изменении;
- копии сертификатов (выписки из сертификатов) на металл, примененный при реконструкции крана;
- сведения о сварочных материалах (результаты испытания наплавленного металла или копии сертификата на электроды);
- сведения о результатах контроля качества сварки металлоконструкций;
- заключение эксперта о соответствии грузоподъемной машины требованиям Правил (запись в паспорте о техническом освидетельствовании);
- акт о выполненной реконструкции, составленный комиссией, в состав которой должны входить представители организаций, разработавших рабочую документацию на реконструкцию, производивших реконструкцию, организации, эксплуатирующей кран.

При отказе в регистрации крана должны быть письменно в течение 3 дней, в соответствии с законодательством об основах административных процедур, указаны причины отказа со ссылкой на соответствующие нормативные документы.

Внесение в месячный срок изменений в документы, связанные с регистрацией грузоподъемного крана, осуществляется в следующих случаях:

- при изменении наименования владельца грузоподъемного крана;
- при изменении юридического адреса владельца грузоподъемного крана в пределах одной административно-территориальной единицы Республики Беларусь (области).

Грузоподъемный кран подлежит снятию с регистрации в Госпромнадзоре в следующих случаях:

- при передаче его другому владельцу;
- при демонтаже грузоподъемного крана мостового типа для его переустановки на новое место;
- при переводе его в разряд нерегистрируемых;
- при его утилизации, подтвержденной документально.

При снятии с регистрации грузоподъемного крана должностным лицом Госпромнадзора в паспорте грузоподъемного крана делается запись о причинах снятия с регистрации.

Краны, не подлежащие регистрации в Госпромнадзоре, а также съемные грузозахватные приспособления и тара снабжаются индивидуальным номером и под этим номером регистрируются их владельцем в журнале учета кранов и грузозахватных приспособлений.

При временном, на срок более 1 месяца, перемещении крана стрелового самоходного, крана башенного, крана-манипулятора на новое место эксплуатации владелец указанного оборудования обязан сообщить об этом в территориальное подразделение Госпромнадзора, в котором зарегистрирован грузоподъемный кран, указав регистрационный номер, пункт (пункты) назначения и на какой срок он направляется.

Если новый пункт назначения находится в другой административно-территориальной единице Республики Беларусь (области), то по прибытии грузоподъемного крана в пункт назначения владелец обязан информировать об этом территориальное подразделение Госпромнадзора, на территории которого он будет эксплуатироваться.

#### ***Допуск грузоподъемных кранов к эксплуатации (пуск в работу)***

Допуск к эксплуатации (пуск в работу) грузоподъемных кранов должен быть получен в следующих случаях:

- перед пуском в работу вновь зарегистрированного грузоподъемного крана;
- после монтажа, вызванного установкой грузоподъемного крана на новом месте (кроме стреловых самоходных и быстромонтируемых башенных кранов);
- после реконструкции грузоподъемного крана;
- после капитального ремонта и (или) ремонта с заменой расчетных элементов или узлов металлоконструкций грузоподъемного крана с применением сварки;
- после приостановления (запрета) эксплуатации грузоподъемного крана должностным лицом Госпромнадзора.

Допуск осуществляется на основании результатов полного технического освидетельствования, проверки соответствия организации надзора, обслуживания и производства работ краном требованиям Правил.

После приостановления (запрета) эксплуатации допуск к эксплуатации (пуск в работу) грузоподъемного крана осуществляется на основании результатов оценки полноты и качества устранения причин, повлекших приостановление (запрет) эксплуатации.

Допуск к эксплуатации вновь изготовленного грузоподъемного крана, поставленного владельцу в собранном виде, осуществляется должностным лицом Госпромнадзора на основании результатов испытания крана в организации-изготовителе и частичного технического освидетельствования, проведенного владельцем.

Допуск к эксплуатации грузоподъемного крана после очередного или внеочередного полного технического освидетельствования осуществляется экспертом, проводившим техническое освидетельствование.

Пуск в работу грузоподъемных кранов, не подлежащих регистрации в Госпромнадзоре, осуществляется владельцем кранов (специалистом по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов, грузозахватных приспособлений и тары, назначенным владельцем).

Для получения допуска к эксплуатации, осуществляемого должностным лицом Госпромнадзора, владелец грузоподъемного крана не менее чем за 10 дней должен письменно уведомить территориальное подразделение Госпромнадзора, в котором кран зарегистрирован или на территории которого он будет эксплуатироваться.

Допуск к эксплуатации грузоподъемного крана оформляется записью в паспорте крана лицом, его осуществившим.

### ***Техническое освидетельствование***

Грузоподъемные краны в течение всего срока службы должны подвергаться техническому освидетельствованию:

*частичному* – не реже одного раза в 12 месяцев;

*полному* – не реже одного раза в 3 года, за исключением редко используемых грузоподъемных кранов.

К редко используемым относятся грузоподъемные краны для обслуживания машинных залов, электрических и насосных станций, компрессорных установок, а также грузоподъемные краны, используемые только при ремонте оборудования. Отнесение грузоподъемных кранов к категории редко используемых производится приказом по организации.

Полное техническое освидетельствование редко используемых грузоподъемных кранов проводится не реже одного раза в 5 лет.

Грузоподъемные краны, подлежащие регистрации в Госпромнадзоре, должны подвергаться техническому освидетельствованию до их регистрации.

Грузоподъемные краны, не прошедшие техническое освидетельствование, к работе не допускаются.

Техническое освидетельствование имеет целью установить, что:

- грузоподъемный кран и его установка соответствуют Правилам и его паспортным данным;
- грузоподъемный кран находится в состоянии, обеспечивающем его безопасную работу.

Техническое освидетельствование должно проводиться согласно руководству по эксплуатации грузоподъемного крана. При отсутствии в руководстве соответствующих указаний освидетельствование кранов проводится согласно Правилам.

Внеочередное полное техническое освидетельствование грузоподъемного крана должно проводиться после:

- монтажа, вызванного установкой грузоподъемного крана на новом месте (кроме стреловых самоходных и быстромонтируемых башенных кранов);
- реконструкции грузоподъемного крана;
- капитального ремонта и (или) ремонта расчетных металлоконструкций грузоподъемного крана с применением сварки;
- изменения длины стрелы и (или) высоты башни (за исключением стреловых самоходных кранов);
- установки сменного стрелового оборудования (за исключением стреловых самоходных кранов);
- замены стрелы;
- замены грузовой или стреловой лебедки;
- замены крюка (проводятся только статические испытания);
- замены несущих или вантовых канатов кранов кабельного типа;
- в случаях, предусмотренных в руководстве по эксплуатации.

После установки новых грузовых, стреловых или других канатов, а также во всех случаях перепасовки канатов должна производиться проверка правильности запасовки и надежности крепления концов канатов, а также обтяжка канатов рабочим грузом. Результаты проверки, а также расчет каната должны быть записаны в паспорте грузоподъемного крана специалистом, ответственным за содержание грузоподъемных кранов в исправном состоянии.

Полное техническое освидетельствование грузоподъемных кранов, подлежащих регистрации в Госпромнадзоре, эксплуатирующихся в пределах нормативного срока службы, проводится экспертами Госпромнадзора или организации, имеющей разрешение Госпромнадзора на данный вид деятельности.

Полное техническое освидетельствование грузоподъемных кранов, подлежащих регистрации в Госпромнадзоре, отработавших нормативный срок службы, может быть проведено только экспертом Госпромнадзора.

Внеочередное полное техническое освидетельствование грузоподъемных кранов, подлежащих регистрации в Госпромнадзоре, отработавших нормативный срок службы, могут также проводить эксперты организаций, имеющих разрешение Госпромнадзора, в следующих случаях:

- после монтажа, вызванного установкой грузоподъемного крана на новом месте;
- после изменения длины стрелы и (или) высоты башни;
- после установки сменного стрелового оборудования;
- после замены стрелы;
- после замены грузовой или стреловой лебедки;
- после замены крюка;
- предусмотренных в руководстве по эксплуатации.

Частичное техническое освидетельствование грузоподъемных кранов проводится владельцем крана (специалистом по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов, грузозахватных приспособлений и тары, назначенным владельцем).

При проведении технического освидетельствования грузоподъемного крана участие специалиста, ответственного за содержание грузоподъемных кранов в исправном состоянии, обязательно.

Экспертами Госпромнадзора техническое освидетельствование осуществляется на основании письменного обращения владельца грузоподъемного крана.

Техническое освидетельствование грузоподъемных кранов, не подлежащих регистрации в Госпромнадзоре, проводится специалистами по надзору за безопасной эксплуатацией кранов, грузозахватных приспособлений и тары или экспертами организаций, осуществляющих техническое освидетельствование, при участии специалистов, ответственных за содержание грузоподъемных кранов в исправном состоянии.

Владелец вновь изготовленного грузоподъемного крана, поставленного ему в собранном виде и прошедшего приемосдаточные испытания, должен до пуска крана в работу провести его частичное техническое освидетельствование, результаты которого заносятся в паспорт.

При полном техническом освидетельствовании кран должен подвергаться:

- осмотру,
- статическим испытаниям,
- динамическим испытаниям.

При частичном освидетельствовании статические и динамические испытания крана не проводятся.

При техническом освидетельствовании грузоподъемного крана должны быть осмотрены и проверены в работе его механизмы, тормоза, гидро- и электрооборудование, приборы и устройства безопасности. Проверка исправности действия ограничителя грузоподъемности и (или) ограничителя грузового момента крана стрелового типа должна проводиться с учетом его грузовой характеристики.

Кроме того, при техническом освидетельствовании грузоподъемного крана должны быть проверены:

- состояние металлоконструкций грузоподъемного крана и его сварных (клепаных) соединений, а также кабины, лестниц, площадок и ограждений; состояние крюка, блоков. У грузоподъемных кранов, транспортирующих расплавленный металл и жидкий шлак, контроль состояния (ревизия) кованых (штампованных), пластинчатых крюков и деталей их подвески должен проводиться не реже одного раза в 12 месяцев с применением методов неразрушающего контроля лабораторией, аккредитованной в установленном порядке. При неразрушающем контроле должно быть проверено отсутствие трещин в нарезной части кованого (штампованного) крюка, вилки пластинчатого крюка и в оси соединения пластинчатого крюка с вилкой или траверсой. Заключение лаборатории по результатам контроля (ревизии) должно храниться вместе с паспортом крана;

- фактическое расстояние между крюковой подвеской и упором при срабатывании концевого выключателя и остановке механизма подъема;

- состояние изоляции проводов и заземления электрического крана с определением их сопротивления;

- соответствие массы противовеса и балласта у крана стрелового типа значениям, указанным в паспорте;
- состояние кранового пути и соответствие его Правилам, проекту и руководству по эксплуатации грузоподъемного крана;
- состояние канатов и их крепления;
- состояние освещения и сигнализации.

Нормы браковки кранового пути, канатов и элементов грузоподъемного крана должны быть указаны в руководстве по эксплуатации.

*Статические испытания* крана проводятся нагрузкой, на 25 % превышающей его паспортную грузоподъемность.

Статические испытания мостового крана проводятся следующим образом. Кран устанавливается над опорами кранового пути, его тележка (тележки) – в положение, отвечающее наибольшему прогибу моста. Контрольный груз поднимается краном на высоту 100–200 мм и выдерживается в таком положении в течение 10 мин.

Статические испытания козлового крана и мостового перегружателя проводятся так же, как испытания мостового крана; при этом у крана с консолями каждая консоль испытывается отдельно.

По истечении 10 мин груз опускается, после чего проверяется отсутствие трещин, остаточных деформаций и других повреждений металлоконструкций и механизмов грузоподъемного крана. При наличии повреждений, явившихся следствием испытания, грузоподъемный кран не должен допускаться к работе до выяснения специализированной организацией причин повреждений и определения возможности дальнейшей работы крана.

Статические испытания крана стрелового типа, имеющего одну или несколько грузовых характеристик, при периодическом или внеочередном техническом освидетельствовании проводятся в положении, соответствующем наибольшей грузоподъемности крана и (или) наибольшему грузовому моменту.

Испытания кранов, имеющих сменное стреловое оборудование, могут проводиться с установленным на них для работы оборудованием. После установки на кран сменного стрелового оборудования испытание проводится в положении, соответствующем наибольшей грузоподъемности крана при установленном оборудовании.

Испытания кранов стрелового типа, не имеющих механизма изменения вылета (стрела поддерживается растяжкой), проводятся при установленных для испытаний вылетах. С этими же вылетами при условии удовлетворительных результатов технического освидетельствования разрешается последующая работа крана.

При статических испытаниях кранов стрелового типа стрела устанавливается относительно ходовой опорной части в положение, отвечающее наименьшей расчетной устойчивости крана, и груз поднимается на высоту 100–200 мм.

Кран считается выдержавшим статические испытания, если в течение 10 мин поднятый груз не опустился на землю, а также не будет обнаружено трещин, остаточных деформаций и других повреждений металлоконструкций и механизмов.

*Динамические испытания* крана проводятся грузом, масса которого на 10 % превышает его паспортную грузоподъемность, и имеют целью проверку действия механизмов и тормозов.

При динамических испытаниях кранов (кроме кранов кабельного типа) производятся многократные (не менее трех раз) подъем и опускание груза, а также проверка действия всех других механизмов при совмещении рабочих движений, предусмотренных руководством по эксплуатации крана.

У крана, оборудованного двумя и более механизмами подъема, должен быть испытан каждый механизм.

Если кран используется только для подъема и опускания груза, динамические испытания могут быть проведены без передвижения самого крана или его тележки.

Для испытания кранов при помощи специальных приспособлений владельцем крана или специализированной организацией должна быть разработана дополнительная инструкция.

Испытания крана, имеющего несколько сменных грузозахватных органов, должны быть проведены с тем грузозахватным органом, который установлен на момент испытаний.

Для проведения статических и динамических испытаний, а также проведения работ по настройке (наладке) и проверке исправности приборов безопасности владелец грузоподъемного крана должен обеспечить наличие комплекта испытательных (контрольных) грузов с указанием их фактической массы, подтвержденной документально.

Испытание магнитных и грейферных кранов может быть проведено с навешенным соответственно магнитом или грейфером.

Результаты технического освидетельствования крана записываются в его паспорт лицом, проводившим освидетельствование, с указанием срока следующего освидетельствования. При освидетельствовании вновь смонтированного крана запись в паспорте должна подтверждать, что кран смонтирован и установлен в соответствии с Правилами, руководством по эксплуатации и (или) инструкцией по монтажу, и выдержал испытания.

Записью в паспорте действующего грузоподъемного крана, подвергнутого техническому освидетельствованию, должно подтверждаться, что кран отвечает требованиям Правил, находится в исправном состоянии и выдержал испытания.

Донесение о техническом освидетельствовании грузоподъемного крана, подлежащего регистрации в Госпромнадзоре, в 10-дневный срок должно быть представлено экспертом, его проводившим, в территориальное подразделение Госпромнадзора по месту регистрации крана.

Грузоподъемные краны, отработавшие нормативный (назначенный) срок службы, должны подвергаться техническому диагностированию с целью определения возможности продления срока их службы.

Техническое диагностирование, продление срока службы грузоподъемного крана должны проводиться в соответствии с требованиями Технического кодекса установившейся практики «Техническое диагностирование и продление назначенного ресурса (назначенного срока службы) безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах. Общие положения» ТКП 054–2007 (02300), утвержденного приказом Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 10.01.2007 г. № 5, Правил и иных ТНПА.

Отчетная техническая документация по техническому диагностированию с заключением о возможности и условиях продления срока службы прикладывается к паспорту грузоподъемного крана и является его неотъемлемой частью.

Сведения (донесение) о результатах проведения технического диагностирования грузоподъемного крана с указанием выводов о возможности продления срока службы организация, выполнившая работы, представляет в территориальное подразделение Госпромнадзора по месту регистрации крана в 10-дневный срок с момента выдачи технического отчета владельцу грузоподъемного крана.

По достижении нормативного (назначенного) срока службы дальнейшая эксплуатация грузоподъемного крана без проведения работ по техническому диагностированию и продлению срока службы не допускается.

В процессе эксплуатации съемные грузозахватные приспособления и тара должны периодически осматриваться в следующие сроки:

- траверсы, клещи, другие захваты и тара – каждый месяц;
- стропы (за исключением редко используемых) – каждые 10 дней;
- редко используемые съемные грузозахватные приспособления – перед их применением.

Порядок осмотра съемных грузозахватных приспособлений и тары определяется их владельцем.

Результаты осмотра съемных грузозахватных приспособлений и тары заносятся в журнал учета и осмотра грузозахватных приспособлений и тары.

Для осмотра съемных грузозахватных приспособлений и тары владелец грузоподъемного крана и (или) производитель работ должны назначить работника из числа специалистов, ответственных за содержание грузоподъемных кранов в исправном состоянии, или лиц, ответственных за безопасное производство работ кранами. Выявленные в процессе осмотра поврежденные съемные грузозахватные приспособления и тара должны изыматься из работы.

### ***Надзор и обслуживание***

Надзор за безопасной эксплуатацией кранов, эксплуатируемых на опасных производственных объектах, должен осуществляться в соответствии с Правилами организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах, утвержденными постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 28.06.2000 г. № 11.

Руководители организаций и индивидуальные предприниматели – владельцы кранов, грузозахватных приспособлений, крановых путей, а также руководители организаций и индивидуальные предприниматели, эксплуатирующие краны, обязаны обеспечить лично или организовать содержание их в исправном состоянии и безопасные условия работы.

В этих целях должны быть:

- назначены приказом по организации специалист по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов, грузозахватных приспособлений и тары, специалист, ответственный за содержание грузоподъемных кранов в исправном состоянии, и лица, ответственные за безопасное производство работ кранами;

– установлен порядок периодических осмотров, технического обслуживания и ремонта кранов, крановых путей, грузозахватных приспособлений и тары;

– установлен порядок обучения и проверки знания инструкций у персонала, обслуживающего краны, а также проверки знания у ответственных специалистов;

– разработаны инструкции для ответственных специалистов и производственные инструкции для обслуживающего персонала, журналы, проекты производства работ, технологическая документация, технические условия на погрузку и разгрузку, схемы строповки, складирования грузов и другие регламенты по безопасной эксплуатации кранов;

– разработаны инструкции по охране труда;

– обеспечено снабжение ответственных специалистов инструкциями и руководящими указаниями по безопасной эксплуатации кранов, а обслуживающего персонала – производственными инструкциями;

– обеспечено выполнение ответственными специалистами требований Правил и инструкций, а обслуживающим персоналом – производственных инструкций;

– обеспечено выполнение предписаний, выданных Госпромнадзором в области промышленной безопасности;

– инструкции для ответственных специалистов и производственные инструкции для обслуживающего краны персонала должны быть разработаны в соответствии с Правилами, требованиями инструкции по эксплуатации кранов, инструкций по охране труда в порядке, установленном законодательством;

– обеспечено своевременное информирование Госпромнадзора о несчастном случае, аварии, инциденте, произошедших при эксплуатации грузоподъемных кранов.

Специалист (группа специалистов) по надзору назначается после прохождения обучения и проверки знаний законодательства в области промышленной безопасности в объеме выполняемой работы в соответствии с Инструкцией о порядке проверки знаний и выдачи ему (им) соответствующего удостоверения.

Численность специалистов по надзору должна определяться владельцем грузоподъемных кранов с учетом количества кранов, условий их эксплуатации.

Специалист по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов, грузозахватных приспособлений и тары (группа специалистов) путем проведения проверок, объем и периодичность которых должны быть установлены владельцем крана, обязан:

- осуществлять надзор за техническим состоянием и безопасной эксплуатацией кранов и принимать меры по предупреждению нарушений правил безопасности;

- выдавать предписания с указанием выявленных неисправностей и нарушений, устанавливая срок их устранения, контролировать выполнение требований, изложенных в предписании;

- запрещать эксплуатацию грузоподъемных кранов.

Кроме этого, в обязанности специалиста по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов, грузозахватных приспособлений и тары, входит контроль выполнения требований (предписаний), выданных в установленном порядке Госпромнадзором.

Для обеспечения содержания кранов в исправном состоянии должен быть назначен специалист, ответственный за содержание кранов в исправном состоянии, после прохождения обучения и проверки знаний законодательства в области промышленной безопасности в объеме обязанностей и выдачи ему соответствующего удостоверения.

Номер, дата и срок действия приказа о назначении специалиста, ответственного за содержание грузоподъемных кранов в исправном состоянии, а также его должность, фамилия, имя, отчество, номер удостоверения и подпись должны содержаться в паспорте крана. Эти сведения должны заноситься в паспорт до регистрации крана в Госпромнадзоре, а также каждый раз после назначения нового ответственного специалиста.

Специалисты по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов, грузозахватных приспособлений и тары и специалисты, ответственные за содержание грузоподъемных кранов в исправном состоянии, должны иметь среднее специальное или высшее образование технического профиля, перед назначением пройти соответствующее повышение квалификации в учреждениях образования или обучение в организациях, которым, в соответствии с законодательством, предоставлено право осуществлять образовательную деятельность. Указанные специалисты должны не реже одного раза в 5 лет повышать свою квалификацию, не реже чем один раз в 3 года проходить проверку знаний действующего законодательства в области промышленной безопасности.

На время отпуска, командировки и в других случаях отсутствия ответственных специалистов выполнение их обязанностей должно быть возложено приказом (распоряжением) по организации на специалистов, замещающих их по должности, прошедших соответствующее обучение и проверку знаний (без занесения сведений в паспорт крана).

В каждом цехе, на строительной площадке или другом участке работ в каждой смене должно быть назначено приказом лицо, ответственное за безопасное производство работ кранами, из числа мастеров, прорабов, начальников цехов, участков. На складах материалов и других участках работ в качестве специалистов, ответственных за безопасное производство работ кранами, могут быть назначены заведующие складами.

Назначение указанных работников в качестве лиц, ответственных за безопасное производство работ кранами, должно производиться после прохождения обучения и проверки знаний законодательства в области промышленной безопасности в объеме выполняемой работы и выдачи ему соответствующего удостоверения. Не реже одного раза в 3 года проходить проверку знаний и не реже одного раза в 5 лет проходить повышение квалификации.

В тех случаях, когда владелец грузоподъемного крана не имеет возможности назначить ответственных специалистов, допускается по договору возлагать их обязанности на работников других организаций, обученных и прошедших проверку знаний.

В организациях с малым числом кранов (до трех регистрируемых кранов), для контроля которых не могут быть назначены все ответственные специалисты, выполнение обязанностей специалиста, ответственного за содержание грузоподъемных кранов в исправном состоянии, и лица, ответственного за безопасное производство работ кранами, может возлагаться на одного работающего.

Для управления грузоподъемным краном, подлежащим регистрации в Госпромнадзоре, владелец обязан назначить машиниста (крановщика). В случаях, предусмотренных эксплуатационной документацией, а также при необходимости, исходя из условий работы, владелец обязан назначить помощника машиниста (крановщика).

Для выполнения работ по строповке грузов должны быть назначены стропальщики.

### ***Требования к персоналу***

К управлению и обслуживанию грузоподъемных кранов, строповке грузов допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие соответствующую выполняемой работе профессию, прошедшие медицинский осмотр, прошедшие стажировку, инструктаж, проверку знаний по вопросам охраны труда и промышленной безопасности в объеме требований НПА, ТНПА, локальных НПА, соблюдение которых входит в их обязанности.

К управлению грузоподъемными кранами, не подлежащими регистрации в Госпромнадзоре, и к зацепке без предварительной обвязки груза на крюк таких кранов допускаются работники, задействованные в технологических (рабочих) процессах с применением указанного оборудования, после прохождения стажировки по вопросам охраны труда с последующей проверкой знаний.

Для выполнения работ по техническому обслуживанию грузоподъемных кранов их владелец обязан назначить слесарей, наладчиков, электриков, рабочих других профессий при необходимости.

Численность машинистов (крановщиков) кранов, их помощников, стропальщиков, слесарей, наладчиков, электриков, рабочих других профессий определяется исходя из количества грузоподъемных кранов, их конструкции, объема и характера выполняемых работ, предусмотренных руководством по эксплуатации, и с учетом обеспечения безопасных условий эксплуатации и обслуживания.

Подготовка, переподготовка, повышение квалификации, а также обучающие курсы работников, допускаемых к управлению и обслуживанию грузоподъемных кранов, строповке грузов, должны проводиться в соответствии с законодательством об образовании.

Участие должностного лица Госпромнадзора в работе квалификационной комиссии по аттестации машинистов (крановщиков) кранов, стропальщиков обязательно. О дате работы комиссии Госпромнадзор должен быть уведомлен не позднее, чем за 10 рабочих дней.

Управление краном автомобильным, краном-манипулятором автомобильным, а также краном, установленным на ином транспортном средстве, должно быть поручено водителю транспортного средства после обучения его в установленном порядке.

Порядок назначения стропальщиков (их количества), необходимых для выполнения работ по зацепке, обвязке (строповке) и навешиванию груза на крюк крана, устанавливается владельцем крана или производителем работ.

Машинисты (крановщики) грузоподъемных кранов, подлежащих регистрации в Госпромнадзоре, стропальщики, работники, осуществляющие монтаж, наладку, обслуживание и ремонт приборов безопасности указанных грузоподъемных кранов, должны иметь удостоверения о допуске к работе, выданные в соответствии с Инструкцией о порядке выдачи удостоверения на право обслуживания потенциально опасных объектов, утвержденной постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 04.03.2013 г. № 13.

В указанных удостоверениях для машиниста (крановщика) грузоподъемного крана должны быть указаны типы грузоподъемных кранов, к управлению которыми он допущен, а в удостоверении для работников, осуществляющих монтаж, наладку, обслуживание и ремонт приборов безопасности, – типы приборов и устройств безопасности.

Указанные удостоверения во время выполнения работ работниками должны иметь при себе.

С машинистами грузоподъемных кранов, подлежащих регистрации в Госпромнадзоре, стропальщиками, занятыми на работах с применением грузоподъемных кранов, подлежащих регистрации в Госпромнадзоре, необходимо проводить предсменный (перед началом работы, смены) медицинский осмотр либо освидетельствование на предмет нахождения их в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения в соответствии с постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 02.12.2013 г. № 116/119 «О некоторых вопросах проведения предсменного (перед началом работы, смены) медицинского осмотра и освидетельствования работающих на предмет нахождения в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения».

Учебно-программная документация образовательной программы повышения квалификации руководящих работников и специалистов, образовательной программы обучения в организации руководящих работников и специалистов, которые в соответствии с требованиями нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов, являются ответственными за организацию и обеспечение безопасности на поднадзорных

Госпромнадзору объектах и производствах (специалисты по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов, грузозахватных приспособлений и тары, специалисты, ответственные за содержание грузоподъемных кранов в исправном состоянии, лица, ответственные за безопасное производство работ кранами, эксперты), должна предусматривать теоретические и практические формы обучения безопасным методам и приемам работы и согласовываться с Госпромнадзором.

Учебно-программная документация образовательной программы профессиональной подготовки рабочих (служащих), образовательной программы повышения квалификации рабочих (служащих), образовательной программы переподготовки рабочих (служащих) по профессиям, связанным с ведением работ на потенциально опасных объектах, должна предусматривать теоретические и практические формы обучения безопасным методам и приемам работы.

Машинисты кранов и их помощники, переводимые с крана одного типа на кран другого типа, к управлению которым они ранее не допускались (например, с башенного – на мостовой или гусеничный краны), должны быть перед назначением на работу обучены и аттестованы. Обучение в этом случае может проводиться по сокращенной программе.

При переводе машинистов крана и их помощников с одного крана на другой того же типа, но другой модели, другого индекса или с другим приводом они должны быть ознакомлены с особенностями устройства и обслуживания такого крана и пройти стажировку. После проверки знаний и практических навыков эти рабочие могут быть допущены к самостоятельной работе. Порядок проведения обучения, стажировки и проверки практических навыков устанавливается владельцем крана.

Периодическая проверка знаний обслуживающего персонала должна проводиться периодически, не реже одного раза в 12 мес.

Внеочередная проверка знаний обслуживающего персонала проводится:

- при переходе работающего на другое место работы;
- по требованию специалиста по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов, грузозахватных приспособлений и тары или должностного лица Госпромнадзора;
- после перерыва в работе по профессии более 12 мес.

Периодическая и внеочередная проверки знаний должны проводиться в объеме производственной инструкции.

Результаты аттестации и проверки знаний обслуживающего персонала должны оформляться протоколом с соответствующей отметкой в удостоверении.

Допуск к работе обслуживающего персонала должен оформляться приказом по организации.

Для правильного обслуживания кранов владелец обязан обеспечить обслуживающий персонал производственными инструкциями, определяющими их обязанности, инструкциями по охране труда, определяющими порядок безопасного производства работ, их права и ответственность. Производственные инструкции и инструкции по охране труда должны выдаваться обслуживающему персоналу под роспись перед допуском их к работе.

Владельцам кранов, грузозахватных приспособлений и тары следует установить такой порядок, чтобы обслуживающий персонал вел наблюдение за порученным ему оборудованием путем осмотра, проверки действия и поддерживал его в исправном состоянии.

Машинист крана должен производить осмотр кранов перед началом работы, для чего владельцем кранов должно быть выделено соответствующее время. Результаты осмотра и проверки кранов машинистами крана должны записываться в вахтенный журнал. Стропальщики должны производить осмотр грузозахватных приспособлений и тары перед их применением.

### ***Производство работ***

Производство работ грузоподъемными кранами может осуществляться владельцем кранов или производителями работ и имеющими при необходимости лицензию на их эксплуатацию.

Руководитель предприятия – владельца грузоподъемного крана или представитель заказчика, а также индивидуальный предприниматель должны обеспечить лично или возложить на лицо, ответственное за безопасное производство работ кранами, выполнение следующих обязанностей:

а) организовать ведение работ кранами в соответствии с требованиями безопасности, проектом производства работ, техническими условиями и технологическими регламентами;

б) инструктировать крановщиков и стропальщиков по безопасному выполнению предстоящей работы, обращая внимание на опасные факторы, особые условия на месте ведения работ, недопущение перегрузки крана, правильность строповки и зацепки грузов, правильность установки стреловых самоходных кранов, правильность выполнения работ при загрузке и разгрузке полувагонов, платформ и автомашин, соблюдение стропальщиками личной безопасности;

в) не допускать к обслуживанию кранов необученный и не аттестованный персонал, определять необходимое число стропальщиков, а также необходимость назначения сигнальщиков при работе крана;

г) не допускать использования немаркированных, неисправных или не соответствующих по грузоподъемности и характеру груза съемных грузозахватных приспособлений и тары;

д) указывать машинистам кранов и стропальщикам место, порядок и габариты складирования грузов;

е) непосредственно руководить работами при загрузке и разгрузке полувагонов, при перемещении груза несколькими кранами, вблизи линии электропередачи, при перемещении груза над перекрытиями, под которыми размещены производственные или служебные помещения, где могут находиться люди; при перемещении груза, на который не разработаны схемы строповки, а также в других случаях, предусмотренных проектами или технологическими регламентами;

ж) указывать крановщикам место установки стреловых самоходных кранов для работы вблизи линии электропередачи и выдавать разрешение на работу с записью в вахтенном журнале;

з) контролировать соблюдение марочной системы при работе мостовых кранов;

и) не допускать производства работ без наряда-допуска;

к) обеспечивать рабочих необходимым инвентарем и средствами для безопасного производства работ кранами;

л) следить за выполнением крановщиками и стропальщиками производственных инструкций, проекта производства работ и технологических регламентов.

Находящиеся в работе краны должны быть снабжены табличками с обозначением регистрационного номера, паспортной грузоподъемности, даты следующего частичного и полного технического освидетельствования.

Надписи для мостовых, консольно-передвижных, козловых и башенных кранов должны быть хорошо видимы с земли или пола цеха. Рекомендуемый размер букв: высота  $h \geq 80$  мм, ширина  $b \geq 35$  мм.

Краны, съемные грузозахватные приспособления и тара могут быть допущены к перемещению грузов, масса которых не превышает паспортной грузоподъемности.

На таре, за исключением специальной технологической, должны быть указаны ее назначение, номер, собственный вес и наибольший вес груза, для транспортировки которого она предназначена.

При эксплуатации кранов мостового типа должна применяться марочная система, при которой управление краном разрешается лишь крановщику, получившему в установленном владельцем порядке ключ-марку, включающий электрическую цепь управления краном.

При эксплуатации кранов, управляемых с пола, должен быть обеспечен свободный проход для рабочего, управляющего краном.

Входы на крановые пути, галереи мостовых кранов, находящихся в работе, должны быть закрыты на замок. Допуск персонала, обслуживающего краны, а также других рабочих на крановые пути и проходные галереи действующих мостовых и передвижных консольных кранов для производства ремонтных или каких-либо других работ должен производиться по наряду-допуску, определяющему условия безопасного производства работ.

Порядок выдачи наряда-допуска, инструктажа рабочих определяется владельцем крана. О предстоящей работе должны быть уведомлены записью в вахтенном журнале крановщики всех смен пролета, цеха, где производится работа, а при необходимости – и крановщики смежных пролетов.

Для каждого цеха (пролета), не оборудованного проходными галереями вдоль кранового пути, где работают мостовые краны, должны быть разработаны мероприятия по безопасному спуску крановщика из кабины при вынужденной остановке крана не у посадочной площадки. Эти мероприятия должны быть указаны в производственной инструкции для крановщиков.

Мостовые краны по решению владельца могут использоваться для производства строительных, малярных и других работ с имеющихся на кране площадок. Такие работы должны выполняться

по наряду-допуску, определяющему меры безопасности, предупреждающие падение с крана, поражение электрическим током, выход на крановые пути, столкновение кранов, одновременное перемещение крана и его тележки. Использование крана для перемещения грузов при выполнении с его моста указанных работ не допускается.

Краны общего назначения, оснащенные грейфером или магнитом, могут быть допущены к работе только при выполнении специально разработанных для этих случаев указаний, изложенных в руководствах по эксплуатации крана и грузозахватного органа, внесенных в технологические регламенты по производству работ.

Неисправные грузозахватные приспособления, а также приспособления, не имеющие бирок (клейм), не должны находиться в местах производства работ. Не допускается нахождение в местах производства работ немаркированной и поврежденной тары.

Владельцем крана или производителем работ должны быть разработаны способы правильной строповки, зацепки и складирования грузов, которым должны быть обучены стропальщики.

Схемы строповки, графическое изображение способов строповки и зацепки грузов должны быть выданы на руки стропальщикам и крановщикам или вывешены в местах производства работ. Владелец крана или производителем работ должны быть разработаны способы обвязки деталей и узлов машин, перемещаемых краном во время их монтажа, демонтажа и ремонта, с указанием применяемых при этом приспособлений, а также способов безопасной кантовки грузов, когда такая операция производится с применением крана.

Схемы строповки и кантовки грузов и перечень применяемых грузозахватных приспособлений должны быть приведены в технологических регламентах. Количество ветвей применяемого съемного грузозахватного приспособления должно соответствовать количеству строповочных петель. Перемещение груза, на который не разработаны схемы строповки, должно производиться с письменного разрешения лица, ответственного за безопасное производство работ кранами, в его присутствии и под его руководством. Перемещение груза с нарушением схемы строповки не допускается.

Организации, эксплуатирующие краны, должны установить порядок обмена сигналами между стропальщиком и крановщиком.

При расположении кабины грузоподъемного крана на высоте более 36 м должна применяться двусторонняя радиопереговорная

связь. Знаковая сигнализация и система обмена сигналами при радиопереговорной связи должны быть внесены в производственные инструкции для крановщиков и стропальщиков. При применении радиопереговорной связи владелец грузоподъемного крана или производитель работ должны установить порядок выдачи переговорных устройств, исключающий возможность подачи команды машинисту (крановщику) крана посторонними лицами.

В тех случаях, когда зона, обслуживаемая краном, полностью не просматривается из кабины крановщика и при отсутствии между крановщиком и стропальщиком радио- или телефонной связи для передачи сигналов, крановщику должен быть назначен сигнальщик из числа стропальщиков. Порядок назначения сигнальщиков устанавливается организацией, эксплуатирующей краны.

Место производства работ по перемещению грузов кранами должно быть освещено в соответствии с проектом производства работ.

Владелец крана или эксплуатирующая организация должны:

- разработать и выдать на места ведения работ проекты производства строительно-монтажных работ кранами, технологические карты складирования грузов, погрузки и разгрузки транспортных средств и подвижного состава и другие технологические регламенты;

- ознакомить (под подпись) с проектами и другими технологическими регламентами лиц, ответственных за безопасное производство работ кранами, крановщиков и стропальщиков;

- обеспечить стропальщиков сигнальным жилетом, хорошо видимым в темное время суток, средствами индивидуальной защиты (защитная каска установленного образца), испытанными и маркированными съёмными грузозахватными приспособлениями и тарой, соответствующими массе и характеру перемещаемых грузов;

- вывесить на месте производства работ список основных перемещаемых краном грузов с указанием их массы. Крановщикам и стропальщикам, обслуживающим стреловые самоходные краны при ведении строительно-монтажных работ, такой список должен быть выдан на руки;

- обеспечить проведение испытаний грузом ограничителя грузоподъемности в сроки, указанные в руководстве по эксплуатации крана и в паспорте ограничителя грузоподъемности;

- определить порядок выделения и направления стреловых самоходных кранов на объекты по заявкам установленной формы и обеспечить его соблюдение;

- установить порядок опломбирования и запираения замком защитных панелей башенных кранов, а также опломбирования ограничителей грузоподъемности стреловых самоходных кранов;

- определить площадки и места складирования грузов, оборудовать их необходимыми технологической оснасткой и приспособлениями и проинструктировать крановщиков и стропальщиков относительно порядка и габаритов складирования;

- обеспечить выполнение проектов производства работ и других технологических регламентов при производстве работ кранами;

- обеспечить исправное состояние башенных кранов, находящихся на строительной площадке в нерабочем состоянии. После получения сообщения от заказчика об окончании работ (до начала демонтажа) отсоединить кран от источника питания и принять меры по предотвращению угона крана ветром;

- обеспечить контроль за состоянием канатов путем проведения визуального и (или) инструментального контроля по всей длине канатов, в том числе в местах его крепления и заделки, в соответствии с ТНПА.

Для безопасного выполнения работ по перемещению грузов кранами их владелец и производитель работ обязаны обеспечить соблюдение следующих требований:

- лицо, ответственное за безопасное производство работ кранами, должно выдавать разрешение на работу крана с записью в вахтенном журнале и путевом листе (при его наличии);

- на месте производства работ по перемещению грузов, а также на кране не должно допускаться нахождение лиц, не имеющих прямого отношения к выполняемой работе;

- вход на мостовые краны и спуск с них должны производиться через посадочную площадку или в отдельных случаях через проходную галерею;

- при необходимости осмотра, ремонта, регулировки механизмов, электрооборудования крана, осмотра и ремонта металлоконструкций должен отключаться рубильник вводного устройства. Это требование должно также выполняться при необходимости выхода на настил галереи мостового крана;

- на мостовых кранах, у которых рельсы грузовой тележки расположены на уровне настила галереи, перед выходом обслуживающего персонала на галерею тележка должна устанавливаться в непосредственной близости от выхода из кабины на настил.

Строительно-монтажные и другие работы должны выполняться по проекту производства работ кранами, разработанному с учетом требований ТНПА и утвержденному в установленном порядке, в котором в том числе должны предусматриваться:

- соответствие устанавливаемых кранов условиям строительно-монтажных работ по грузоподъемности, высоте подъема и вылету (грузовая характеристика крана);

- обеспечение безопасных расстояний от сетей и воздушных линий электропередачи, мест движения городского транспорта и пешеходов, а также безопасных расстояний приближения кранов к строениям и местам складирования строительных деталей и материалов;

- условия установки и работы кранов вблизи откосов котлованов;

- условия безопасной работы нескольких кранов на одном пути, на параллельных путях, а также в случаях, когда зоны действия кранов пересекаются;

- перечень применяемых грузозахватных приспособлений и тары;

- графическое изображение (схемы) строповки грузов;

- места и габариты складирования грузов, подъездные пути;

- мероприятия по безопасному производству работ с учетом конкретных условий на участке, где установлен кран (например, вблизи эксплуатируемых зданий и сооружений, транспортных и пешеходных дорог и других мест возможного нахождения людей и т. п.), а также другие меры безопасности, предусмотренные нормативными документами.

Погрузочно-разгрузочные работы и складирование грузов на базах, складах, площадках должны выполняться по технологическим картам, разработанным с учетом требований нормативных документов и утвержденным в установленном порядке:

- не разрешается опускать груз на автомашину, а также поднимать груз при нахождении людей в кузове или кабине автомашины. В местах постоянной погрузки и разгрузки автомашин и полувагонов должны быть установлены эстакады или навесные площадки для стропальщиков. Погрузка и разгрузка полувагонов крюковыми кранами должны производиться под руководством лица, ответственного за безопасное производство работ и по технологии, утвержденной производителем работ, в которой должны быть определены места нахождения стропальщиков при перемещении

грузов, а также возможность выхода их на эстакады и навесные площадки. Нахождение людей в полувагонах при подъеме и опускании грузов краном не допускается;

- перемещение груза не должно производиться при нахождении под ним людей. Стропальщик может находиться возле груза во время его подъема или опускания, если груз поднят на высоту не более 1000 мм от уровня площадки;

- строповка грузов должна производиться в соответствии со схемами строповки. Для строповки предназначенного к подъему груза должны применяться стропы, соответствующие массе и характеру поднимаемого груза, с учетом числа ветвей и угла их наклона; стропы общего назначения следует подбирать так, чтобы угол между их ветвями не превышал 90°;

- перемещение мелкоштучных грузов должно производиться в специально предназначенной для этого таре, при этом должна исключаться возможность выпадения отдельных грузов. Подъем кирпича и других грузов на поддонах без ограждения разрешается производить при погрузке и разгрузке (на землю) транспортных средств;

- перемещение груза, масса которого неизвестна, должно производиться только после определения его фактической массы;

- груз или грузозахватное приспособление при их горизонтальном перемещении должны быть предварительно подняты на 500 мм выше встречающихся на пути предметов;

- при перемещении стрелового самоходного крана с грузом положение стрелы и нагрузка на кран должны устанавливаться в соответствии с руководством по эксплуатации крана;

- опускать перемещаемый груз разрешается лишь на предназначенное для этого место, где исключается возможность падения, опрокидывания или сползания устанавливаемого груза. На место установки груза должны быть предварительно уложены подкладки соответствующей прочности для того, чтобы стропы могли быть легко и без повреждения извлечены из-под груза. Устанавливать груз в местах, для этого не предназначенных, не разрешается. Укладку и разборку груза следует производить равномерно, не нарушая установленных для складирования груза габаритов и не загромождая проходов. Укладка груза в полувагоны, на платформы должна производиться в соответствии с установленными нормами по согласованию с грузополучателем. Погрузка груза в автомашины

и другие транспортные средства должна производиться таким образом, чтобы была обеспечена удобная и безопасная строповка его при разгрузке. Погрузка и разгрузка полувагонов, платформ, автомашин и других транспортных средств должны выполняться без нарушения их равновесия;

– не допускается нахождение людей и проведение каких-либо работ в пределах перемещения грузов кранами, оснащенными грейфером или магнитом. Подсобные рабочие, обслуживающие такие краны, могут допускаться к выполнению своих обязанностей только во время перерывов в работе кранов и после того, как грейфер или магнит будут опущены на землю. Места производства работ такими кранами должны быть ограждены и обозначены предупредительными знаками;

– не допускается использование грейфера для подъема людей или выполнение работ, для которых грейфер не предназначен;

– по окончании работы или в перерыве груз не должен оставаться в подвешенном состоянии, а выключатель, подающий напряжение на главные троллеи или гибкий кабель, должен быть отключен и заперт на замок. По окончании работы и во время перерывов в работе башенного, порталного, козлового кранов и мостового перегружателя кабина управления должна быть заперта, а кран укреплен всеми имеющимися на нем противоугонными устройствами с оформлением крановщиком соответствующей записи в вахтенном журнале;

– кантовка грузов кранами должна производиться с использованием специальных приспособлений (кантователей) и в специально отведенных местах. Выполнение такой работы разрешается только по заранее составленной технологии, определяющей последовательность выполнения операции и указания по безопасному производству работ;

– при работе мостовых кранов, установленных в несколько ярусов, должно выполняться условие проезда кранов верхнего яруса над кранами, расположенными ниже, только без груза с крюком, поднятым в верхнее рабочее положение;

– при подъеме груза он должен быть предварительно поднят на высоту не более 200–300 мм для проверки правильности строповки и надежности действия тормоза, устойчивости стреловых кранов и вертикального натяжения канатов;

– при подъеме груза, установленного вблизи стены, колонны, штабеля, железнодорожного вагона, станка или другого оборудования, не должно допускаться нахождение людей между поднимаемым грузом и указанными частями здания или оборудованием; это требование должно также выполняться при опускании и перемещении груза.

При работе крана не допускаются:

- вход в кабину крана во время его движения;
- нахождение людей возле работающего стрелового самоходного крана во избежание зажатия их между поворотной и неповоротной частями крана;
- перемещение груза, находящегося в неустойчивом положении или подвешенного за один рог двурогого крюка;
- перемещение людей или груза с находящимися на нем людьми. Подъем людей грузоподъемными кранами может производиться в случаях, предусмотренных эксплуатационной документацией на кран, только в кабине (люльке), поставленной организацией-изготовителем крана в комплекте с ним, и после разработки мероприятий, обеспечивающих безопасность людей;
- подъем груза, засыпанного землей или примерзшего к земле, заложенного другими грузами, укрепленного болтами или иным способом, залитого бетоном, а также металла и шлака, застывших в печи или приварившихся после слива;
- перемещение, подтаскивание груза по земле, полу, рельсам и т. п. крюком крана при наклонном положении грузовых канатов без применения направляющих блоков, обеспечивающих вертикальное положение грузовых канатов;
- освобождение краном зацементированных грузом стропов, канатов или цепей;
- оттягивание груза во время его подъема, перемещения и опускания. Для разворота длинномерных и крупногабаритных грузов во время их перемещения должны применяться крючья или оттяжки соответствующей длины;
- выравнивание перемещаемого груза руками, а также поправка стропов на весу;
- подача груза в оконные проемы, на балконы и лоджии, а также другие конструктивные элементы здания, не предназначенных для

этого, без специальных приемных площадок или специальных приспособлений;

- использование концевых выключателей в качестве рабочих органов для автоматической остановки механизмов, за исключением случая, когда мостовой кран подходит к посадочной площадке, устроенной в торце здания;

- работа при отключенных или неисправных приборах безопасности и тормозах;

- включение механизмов крана при нахождении людей на кране вне его кабины. Исключение допускается для лиц, ведущих осмотр и регулировку механизмов, электрооборудования и приборов безопасности. В этом случае механизмы должны включаться по сигналу лица, производящего осмотр;

- подъем груза непосредственно с места его установки стреловой лебедкой, а также механизмами подъема и телескопирования стрелы;

- нахождение людей под грузом, перемещаемым грузоподъемным краном, под стрелой при ее подъеме и опускании;

- нарушение проектов производства строительно-монтажных работ, технологических карт складирования грузов, погрузки и разгрузки транспортных средств и других технологических регламентов.

Производство работ стреловыми самоходными кранами на расстоянии менее 30 м от подъемной выдвижной части крана в любом ее положении, а также от груза до вертикальной плоскости, образуемой проекцией на землю ближайшего провода воздушной линии электропередачи, находящейся под напряжением более 42 В, должно осуществляться по наряду-допуску, определяющему безопасные условия работы.

Порядок организации производства работ вблизи линии электропередачи, выдачи наряда-допуска и инструктажа рабочих должен устанавливаться приказами владельца крана и производителя работ. Условия безопасности, указываемые в наряде-допуске, должны соответствовать требованиям нормативных документов. Время действия наряда-допуска определяется организацией, выдавшей наряд. Наряд-допуск должен выдаваться крановщику на руки перед началом работы. Крановщику запрещается самовольная установка крана для работы вблизи линии электропередачи, о чем

делается запись в путевом листе. Также в путевом листе необходимо указать фамилию лица, ответственного за безопасное производство работ кранами, фамилии стропальщиков и номера их удостоверений.

Работа крана вблизи линии электропередачи должна производиться под непосредственным руководством лица, ответственного за безопасное производство работ кранами, которое также должно указать крановщику место установки крана, обеспечить выполнение предусмотренных нарядом-допуском условий работы и произвести запись в вахтенном журнале и путевом листе крановщика о разрешении работы.

При производстве работы в охранной зоне линии электропередачи или в пределах разрывов, установленных правилами охраны высоковольтных электрических сетей, наряд-допуск может быть выдан только при наличии разрешения организации, эксплуатирующей линию электропередачи.

При работе стреловых самоходных кранов на действующих электростанциях, подстанциях и линиях электропередачи, если работы с применением кранов ведутся персоналом, эксплуатирующим электроустановки, а крановщики находятся в штате энергоорганизации, наряд-допуск на работу вблизи находящихся под напряжением проводов и оборудования выдается в порядке, установленном отраслевыми нормами.

Работа крана должна быть прекращена при скорости ветра, превышающей допустимую для данного крана, при снегопаде, дожде или тумане, при температуре ниже указанной в паспорте и в других случаях, когда крановщик плохо различает сигналы стропальщика или перемещаемый груз.

Перемещение грузов над перекрытиями, под которыми размещены производственные, жилые или служебные помещения, где могут находиться люди, не допускается. В отдельных случаях перемещение грузов над перекрытиями производственных или служебных помещений, где находятся люди, может производиться после разработки мероприятий, обеспечивающих безопасное выполнение работ в соответствии с нормативными документами.

Подъем и перемещение груза несколькими кранами допускаются в отдельных случаях. Такая работа должна производиться

в соответствии с проектом или технологической документацией, в которых должны быть приведены схемы строповки и перемещения груза с указанием последовательности выполнения операций, положения грузовых канатов, а также должны содержаться указания по безопасному перемещению груза.

При подъеме и перемещении груза несколькими кранами нагрузка, приходящаяся на каждый из них, не должна превышать грузоподъемность крана. Работа по перемещению груза несколькими кранами должна производиться под непосредственным руководством лица, ответственного за безопасное производство работ кранами.

Эксплуатация грузоподъемных кранов не допускается:

- при выявлении трещин, деформаций в расчетных металлоконструкциях, неисправностей тормозов, канатов и их креплений, цепей, крюков, лебедок, ходовых колес, приборов и устройств безопасности, электрооборудования, а также при несоответствии электросхемы грузоподъемного крана технической документации;

- при выявлении несоответствия кранового пути требованиям ТНПА, дефектов и повреждений кранового пути, превышающих браковочные показатели;

- при истечении срока технического освидетельствования;

- в случае отрицательного заключения по результатам технического освидетельствования;

- при истечении срока технического диагностирования грузоподъемных кранов, отработавших нормативный срок службы;

- без получения в установленном порядке допуска к эксплуатации грузоподъемного крана;

- при отсутствии у владельца грузоподъемного крана или производителя работ обученных и прошедших проверку знаний ответственных специалистов и (или) обслуживающего персонала;

- при отсутствии паспорта грузоподъемного крана;

- без регистрации (перерегистрации) грузоподъемного крана в Госпромнадзоре в порядке, установленном настоящими Правилами;

- при отсутствии съемных грузозахватных приспособлений и тары, соответствующих массе и характеру перемещаемых грузов, или их неисправности;

- при неисправности защитного заземления, зануления;

- при невыполнении требования (предписания) должностного

лица Госпромнадзора или других органов, уполномоченных на осуществление контроля (надзора);

– при отсутствии или невыполнении требований технологических регламентов по производству работ (проекта производства работ, проекта организации строительства и т. п.).

При эксплуатации грузоподъемных машин не допускается нарушение требований, изложенных в их паспортах и инструкциях по эксплуатации.

Владельцы кранов обязаны информировать Госпромнадзор о выявляемых в процессе эксплуатации кранов конструктивных недостатках, дефектах изготовления, о несоответствии эксплуатационных характеристик паспортным данным.

### ***Требования безопасности к грузозахватным органам, съемным грузозахватным приспособлениям и таре***

Все грузоподъемные машины в зависимости от вида перемещаемого груза оборудуют грузозахватными приспособлениями следующих типов.

Крюк – универсальное захватное средство, которое широко применяют как рабочий орган грузоподъемного механизма в качестве самостоятельных грузозахватных устройств (грузовых кранов), концевых элементов строп (рис. 9.1) и других грузозахватных приспособлений. Конструктивно, по форме, их выполняют однорогими и двурогими. По способу исполнения крюки подразделяют на кованые и штампованные, а также сборные, сварные и пластинчатые. Грузовые крюки кранов и электрических талей должны быть снабжены предохранительным замком, предотвращающим самопроизвольное выпадение съемного грузозахватного приспособления.

Грейферы (рис. 9.2), наиболее распространенные в сельском хозяйстве, представляют собой автоматизированные грузозахватные устройства для сыпучих, связных и кусковых грузов: навоза, соломы, сена, свеклы, соломы, удобрений, песка и т. п.

Электромагнитные грузозахватные приспособления применяют для перегрузки ферромагнитных грузов: стальных и частично чугунных изделий и материалов. Они представляют собой электромагниты с плоским якорем, характеризуются большой силой притяжения при малом ходе и имеют круглую или прямоугольную форму.

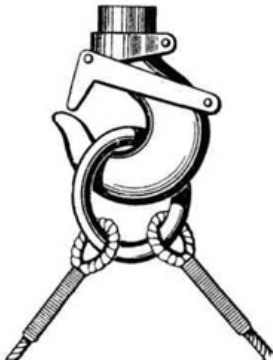


Рис. 9.1. Крюк стропальный

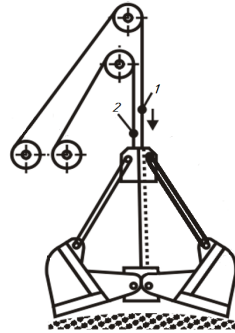


Рис. 9.2. Двухканатный грейфер:  
1 – канат замыкающий; 2 – канат для подъема

Крюковые подвески (рис. 9.3) изготавливают вращающимися на шариковой закрытой опоре, причем гайка крепления грузового крюка в траверсе должна быть укреплена стопорной планкой для предотвращения ее свинчивания, а сам грузовой крюк обязательно снабжают предохранительным замком.

Траверсы (рис. 9.4) применяют для подъема краном крупногабаритных грузов с присоединением последних к траверсе одновременно в нескольких местах при помощи грузозахватных приспособлений, смонтированных на траверсе, или подвешенных к ней стропов. Их выполняют балочными или решетчатыми в виде ферм. Балочные траверсы изготавливают из труб или двух соединенных между собой швеллеров или уголков, на концах которых закрепляют стропы.



Рис. 9.3. Крюковая подвеска



Рис. 9.4. Траверса балочная

Грузозахватные приспособления предназначены для захвата груза и подвески его к крюку грузоподъемной машины с целью подъема, перемещения и укладки груза на хранение.

Грузозахватные приспособления, как правило, съемные, состоят из грузозахватывающих элементов или устройств, несущих трос или канаты и навесных элементов для соединения или навешивания их на грузозахватные органы грузоподъемных машин. В табл. 9.1 представлена классификация крановых съемных грузозахватных приспособлений.

Таблица 9.1

Классификация крановых съемных грузозахватных приспособлений

Классификационная характеристика	Захват			
	грейферный	строповой, лапчатый, контейнерный	клещевой, фрикционный, эксцентриковый, клиновой	вакуумный, электромагнитный, магнитный
Груз	Сыпучий	Тарноштучный, длинномерный, лесной	Тарноштучный, лесной	Длинномерный, листовой, трубы и различные грузы из магнитных материалов
Способ захвата	Зачерпывающий	Поддерживающий	Зажимной	Притягивающий
Перемещение	Вертикальное	Вертикально-горизонтальное	Вертикально-горизонтальное, поворотное вокруг вертикальной оси	
Привод захватного органа	Канатный, электромеханический, гидравлический, пневматический	Ручной, электромеханический, гидравлический, пневматический		Пневмовакuumный, электрический, магнитный
Управление захватом и освобождением груза	Дистанционное, автоматическое	Ручное, дистанционное, полуавтоматическое, автоматическое		Дистанционное, автоматическое

Простые грузозахватные приспособления – это гибкие и жесткие стропы, предназначенные для захвата груза за специальные устройства (рымболты, крюки, петли, цапфы и др.).

Универсальные грузозахватные приспособления – это бесконечные или одновитые стропы из цепей или стальных канатов (в некоторых случаях применяют канаты из органических материалов), предназначенные для захвата груза обвязкой.

Специализированные грузозахватные приспособления – это различного вида механизированные и автоматизированные грузозахватные устройства типа грейфера, клещевых и эксцентриковых механизмов, электромагнитных и вакуумных устройств и т. п. Специализированные грузозахватные устройства приспособляют для захвата конкретных грузов, параметры которых – масса, конфигурация, габаритные размеры, жесткость – могут быть самыми разнообразными, поэтому конструктивное исполнение грузозахватных устройств трудно стандартизировать. Специализация грузозахватных приспособлений позволяет наиболее эффективно с максимальной производительностью использовать грузоподъемные средства. Однако пока распространены в основном универсальные приспособления и средства: стропы, крюки, траверсы, различные кольца, коромысла и т. п. Эти средства позволяют перемещать грузы широкой номенклатуры и самой различной конфигурации.

Все съемные грузозахватные приспособления перед их применением проходят техническое освидетельствование, при котором их испытывают нагрузкой, превышающей их номинальную грузоподъемность. Съемные грузозахватные приспособления снабжают клеймом или биркой, на которой указывают их номер, грузоподъемность и дату испытания. На таре указывают ее назначение, номер, собственную массу и наибольшую массу груза, для транспортировки которого она предназначена.

Канаты и цепи – наиболее ответственные части грузоподъемных механизмов.

Стальные канаты классифицируют следующим образом.

1. По форме поперечного сечения – круглые и плоские. Круглые канаты, в свою очередь, подразделяют по ряду признаков: по конструктивному – на канаты одинарной, двойной и тройной свивки. Канаты одинарной свивки (спиральные) изготавливают непосредственно из отдельных проволок, свитых в спирали. При двойной свивке сначала свивают отдельные пряди, а затем из готовых прядей свивают канат. Канаты тройной свивки бывают однослойные,

двухслойные и трехслойные. Применяют канаты тройной свивки, свиваемые из нескольких стренг. Стренг – канат двойной свивки. Канаты тройной свивки называют кабелями.

2. По типу прядей подразделяют канаты с точечным касанием проволок между слоями (ТК); с линейным касанием проволок между слоями и одинаковым диаметром проволок по слоям пряди (ЛК-О); с линейным касанием проволок между слоями и разным диаметром проволок в наружном слое пряди (ЛК-Р); с линейным касанием проволок между слоями и проволоками заполнения (ЛК-З); с линейным касанием проволок между слоями, имеющими в пряди слои с проволоками одинакового диаметра и слои с проволоками разных диаметров (ЛК-РО): с комбинированным точечно-линейным касанием проволок (ТЛК-О и ТЛК-Р).

3. По материалу сердечника подразделяют канаты с органическим сердечником (о. с.), с металлическим мягким сердечником из отожженной стальной проволоки (м. с. м.), с сердечниками из канатной стальной проволоки (м. с.), из асбестового шнура (а. с.), из пластмасс и других искусственных материалов (и. с.).

4. По направлению свивки канаты могут иметь правое (П) и левое (Л) направления. Направление свивки каната определяют так: для спиральных канатов – направлением свивки проволок наружного слоя, для канатов двойной свивки – направлением свивки прядей наружного слоя в канате, для канатов тройной свивки – направлением свивки стренг в канате.

При проектировании, а также перед установкой на грузоподъемную машину канаты должны быть проверены расчетом по формуле

$$F \geq SZ_p, \quad (9.1)$$

где  $F$  – разрывное усилие каната в целом, Н;

$S$  – наибольшее натяжение ветви каната, Н;

$Z_p$  – минимальный коэффициент использования каната, определяется в зависимости от группы классификации механизма.

Расположение канатов на грузоподъемной машине и их крепление должно исключать спадание канатов с барабанов и блоков, а также перетирание их вследствие соприкосновения с элементами конструкций или с другими канатами.

Крепление канатов к барабану должно производиться надежным способом, допускающим возможность замены канатов. При использовании прижимных планок их количество должно быть не менее двух. Длина свободного конца каната от последнего зажима на барабане должна быть не менее двух диаметров каната. Запрещается изгибать свободный конец каната под прижимной планкой или на расстоянии от планки менее трех диаметров каната.

Диаметр стального каната зависит от диаметра огибаемого им барабана или блока и имеет большое значение для обеспечения его износоустойчивости. Минимальные диаметры барабанов, блоков и уравнительных блоков, огибаемых стальными канатами, определяются по формулам:

$$\begin{aligned} D_1 &\geq h_1 d, \\ D_2 &\geq h_2 d, \\ D_3 &\geq h_3 d, \end{aligned} \quad (9.2)$$

где  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  – диаметры соответственно барабана, блока и уравнительного блока по средней линии навитого каната, мм;

$d$  – диаметр каната, мм;

$h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  – коэффициенты выбора диаметров, соответственно, барабана, блока, уравнительного блока.

Стропы представляют собой отрезки канатов или цепей, соединенные в кольца или снабженные навесными и грузозахватными концевыми элементами, которые служат для обвязки, крепления и навешивания груза к грузоподъемному механизму и обеспечивают быстрое, удобное, надежное и безопасное закрепление грузов. Наиболее часто в качестве строп применяют стальные канаты односторонней или крестовой свивки из высокопрочной проволоки диаметром не более 3 мм. Канаты односторонней свивки более гибки и долговечны, но подвержены раскручиванию. Поэтому для изготовления монтажных и такелажных приспособлений используют канаты крестовой свивки. Свивку отдельных проволок и прядей осуществляют вокруг органического сердечника. Отечественная промышленность выпускает преимущественно канаты

точечного касания, состоящие из шести прядей, свитых из отдельных проволок, например 19, и сердечника, который для гибкости каната в работе обычно изготавливают из пеньки.

Расчет ветвей стропа на растяжение производят по формуле

$$F \geq Sk, \quad (9.3)$$

где  $F$  – разрывное усилие каната в целом, цепи, ленты, принимаемое по стандарту или техническому условию, Н;

$S$  – расчетное натяжение ветви стропа, Н;

$k$  – коэффициент запаса прочности, принимаемый для канатных строп – не менее 6, для цепных строп – не менее 5, для строп из пеньковых, хлопчатобумажных или синтетических материалов – не менее 8.

Стропальщик должен следить, чтобы нагрузка на каждую ветвь стропа не превышала допустимой, указанной на бирке (клейме, надписи).

Угол между ветвями стропов не должен превышать  $90^\circ$ . В связи с тем, что длину ветвей нельзя увеличивать беспредельно, так как в перемещаемых конструкциях могут появиться опасные сжимающие усилия (даже при угле  $90^\circ$ ), а некоторые конструкции необходимо поднимать в вертикальном положении, стропы следует заменять траверсами.

### ***Определение нагрузки на ветвь стропа***

Нагрузка, приходящаяся на каждую ветвь стропа, определяется по формуле

$$N = \frac{Qg}{nk_n \cos \alpha}, \quad (9.4)$$

где  $Q$  – масса груза;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$n$  – число ветвей стропа;

$k_n$  – коэффициент неравномерности нагрузки стропа на каждую ветвь, в зависимости от  $n$ ;

$\alpha$  – угол наклона ветви стропа к вертикали ( $\cos \alpha$  можно рассчитывать как отношение высоты подвеса стропа к длине ветви стропа).

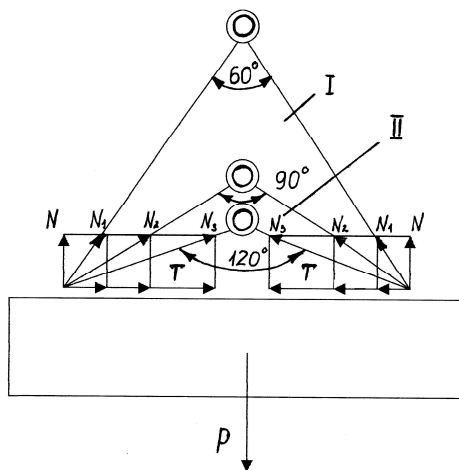
Приняв  $m = \frac{1}{\cos \alpha}$ , получим следующую зависимость (табл. 9.2):

$$N = \frac{mQg}{nk_H}. \quad (9.5)$$

Таблица 9.2  
Эмпирические показатели к расчету нагрузки на ветвь стропа

$n$	1	2	4	8	–	–	–
$k_H$	1	1	0,75	0,75	–	–	–
$\alpha$	0	15	20	30	40	45	60
$m$	1	1,04	1,06	1,16	1,31	1,41	2

На практике при выборе длины стропа исходят из того, что при малой длине угол между ветвями стропа будет больше  $90^\circ$ , а при большей длине теряется высота подъема груза и возникает возможность его кручения. От угла между ветвями стропов также зависят и нагрузки в них. Оптимальные углы между ветвями строп находятся в пределах  $60\text{--}90^\circ$  (рис. 9.5).



$$N = 0,5P; N_1 = \frac{P}{\sqrt{3}}; N_2 = \frac{P}{\sqrt{2}}; N_3 = P$$

Рис. 9.5. Схема распределения нагрузок на ветви стропа:  
I – рекомендуемая зона захвата груза; II – нерекондуемая зона захвата груза

### ***Технические средства обеспечения безопасности при эксплуатации грузоподъемных кранов***

Так как эксплуатация грузоподъемных кранов несет в себе различного рода опасности для жизни и здоровья человека, то средствам обеспечения безопасности необходимо уделять большое внимание. Человек не в силах одновременно контролировать несколько опасных факторов, поэтому в сложных технических системах, которыми являются и грузоподъемные краны, применяются различного рода технические средства, обеспечивающие безопасность его трудовой деятельности.

Краны должны быть оборудованы ограничителями рабочих движений для автоматической остановки:

- подъема грузозахватного органа в его крайних верхнем и нижнем положениях;
- механизма изменения вылета;
- механизма передвижения.

Концевые выключатели ограничителей рабочих движений должны включаться в электрическую схему крана так, чтобы была обеспечена возможность движения механизма в обратном направлении.

Ограничитель механизма подъема груза должен обеспечить остановку грузозахватного органа при подъеме без груза и зазор между грузозахватным органом и упором у электрических талей не менее 50 мм, у других кранов – не менее 200 мм. При скорости подъема груза более 40 м/мин механизм подъема должен быть оборудован дополнительным ограничителем, срабатывающим до основного ограничителя и переключающим электрическую схему на пониженную скорость подъема.

Ограничители механизмов передвижения должны обеспечивать отключение двигателей на следующем расстоянии до упора:

- для башенных, порталных, козловых кранов и мостовых перегружателей – не менее полного пути торможения;
- для остальных кранов – не менее половины пути торможения.

При установке взаимных ограничителей хода механизмов передвижения мостовых и консольных кранов, работающих на одном крановом пути, указанное расстояние может быть уменьшено до 500 мм. Путь торможения механизма должен быть указан организацией-изготовителем в паспорте крана.

Стреловые самоходные краны должны быть оборудованы ограничителями рабочих движений для автоматического отключения

механизмов подъема, поворота и выдвижения стрелы на безопасном расстоянии от крана до проводов линии электропередачи.

Стреловые самоходные краны для предотвращения их столкновения с препятствиями в стесненных условиях работы должны быть оснащены координатной защитой.

Краны стрелового типа (кроме консольных) должны быть оборудованы ограничителем грузоподъемности (грузового момента), автоматически отключающим механизмы подъема груза и изменения вылета в случае подъема груза, масса которого превышает грузоподъемность для данного вылета более чем:

на 15 % – для башенных (с грузовым моментом до 20 т·м включительно) и порталных кранов;

10 % – для остальных кранов.

У кранов, имеющих две или более грузовые характеристики, ограничитель должен иметь устройство для переключения его на выбранную характеристику.

Краны мостового типа должны быть оборудованы ограничителями грузоподъемности (для каждой грузовой лебедки), если не исключается возможность их перегрузки по технологии производства. Краны с переменной по длине моста грузоподъемностью также должны быть оборудованы такими ограничителями.

Ограничитель грузоподъемности кранов мостового типа не должен допускать перегрузку более чем на 25 %.

После срабатывания ограничителя грузоподъемности должно быть возможно опускание груза или включение других механизмов для уменьшения грузового момента.

У кранов, грузоподъемность которых меняется с изменением вылета, должен быть предусмотрен указатель грузоподъемности, соответствующей вылету. Шкала (табло) указателя грузоподъемности должна быть отчетливо видна с рабочего места крановщика (машиниста). Указатель грузоподъемности может входить в состав электронного ограничителя грузоподъемности.

Краны мостового типа должны быть оборудованы устройством для автоматического снятия напряжения с крана при выходе на галерею. У кранов, работающих в помещении, троллеи с напряжением не более 42 В при этом могут не отключаться.

У мостовых кранов, вход на которые предусмотрен через галерею моста, такой блокировкой должна быть оборудована дверь для входа на галерею.

Дверь для входа в кабину управления, передвигающуюся вместе с краном, со стороны посадочной площадки должна быть снабжена электрической блокировкой, запрещающей движение крана при открытой двери.

Если кабина имеет тамбур, то такой блокировкой снабжается дверь тамбура.

У магнитных кранов электрическая схема должна быть выполнена так, чтобы при снятии напряжения с крана контактами приборов и устройств безопасности напряжение с грузоподъемного электромагнита не снималось.

У башенных кранов с неповоротной башней и у других кранов при расположении кабины на поворотной части крана должно быть предусмотрено устройство, автоматически отключающее двигатель механизма поворота при открытом люке или двери.

Грузоподъемные краны, управляемые из кабины или пульта управления (при дистанционном управлении), должны быть снабжены звуковым сигнальным прибором, хорошо слышимым в местах перемещения груза, и отличаться по тональности от автомобильного сигнала.

Козловые краны и мостовые краны-перегрузатели должны быть рассчитаны на максимально возможное усилие перекоса, возникающее при их передвижении, или оборудованы ограничителем перекоса автоматического действия.

У кранов с электроприводом, кроме кранов с механизмами подъема, имеющими второй грузоупорный тормоз, должна быть предусмотрена защита от падения груза и стрелы при обрыве любой из трех фаз питающей электрической сети.

В кабине стрелового самоходного крана должен быть установлен указатель угла наклона крана (креномер, сигнализатор). В случае, когда управление выносными опорами крана осуществляется вне кабины, на неповоротной раме крана должен быть установлен дополнительный указатель угла наклона крана.

Башенные краны с высотой до верха оголовка башни более 15 м, стреловые самоходные краны с башенно-стреловым рабочим оборудованием, козловые краны с пролетом более 16 м, порталные краны, мостовые краны-перегрузатели должны быть снабжены прибором (анемометром), автоматически включающим звуковой сигнал при достижении скорости ветра, указанной в паспорте крана для рабочего состояния крана.

Краны, передвигающиеся по крановому пути на открытом воздухе, должны быть оборудованы противоугонными устройствами. При использовании в качестве противоугонного устройства рельсовых захватов их конструкция должна позволять закрепление крана на всем пути его перемещения. Противоугонные устройства с машинным приводом должны быть оборудованы приспособлением для приведения их в действие вручную.

Краны, передвигающиеся по крановому пути, и их тележки для смягчения возможного удара об упоры или друг о друга должны быть снабжены упругими буферными устройствами.

Краны и грузовые тележки, передвигающиеся по крановому пути, должны быть снабжены опорными деталями на случай поломки колес и осей ходовых устройств.

У стреловых самоходных кранов с изменяющимся вылетом и гибкой подвеской стрелы должны быть установлены упоры или другие устройства, предотвращающие запрокидывание стрелы.

У башенных кранов такие устройства должны быть установлены, если при минимальном вылете угол между горизонталью и стрелой превышает  $70^\circ$ .

Оградительные средства защиты применяют для исключения доступа к легкодоступным, находящимся в движении или под напряжением электрического тока частям грузоподъемных машин.

Исключительно важную роль для обеспечения безопасности в аварийных ситуациях играют тормозные устройства. Они делятся по назначению: на тормоза, ограничивающие скорость движения механизмов в течение всего времени работы крана (спускные, регуляторы скорости), и на стопорные тормоза, действующие лишь в конце движения, например, спуска груза.

### **Контрольные вопросы и задания по теме занятия**

1. Кто является ответственным за регистрацию крана в органах Госпромнадзора?

2. Изложите порядок регистрации грузоподъемных кранов.

3. В каких случаях производится перерегистрация крана?

4. В каких случаях кран подлежит снятию с регистрации в Госпромнадзоре?

5. Как регистрируются краны, не подлежащие регистрации в органах Госпромнадзора, а также съемные грузозахватные приспособления?

6. В каких случаях должно быть получено разрешение на пуск крана в работу в органах технадзора?

7. С какой целью проводят техническое освидетельствование грузоподъемных кранов?

8. Назовите виды и периодичность технического освидетельствования.

9. С какой периодичностью проводится полное техническое освидетельствование редко используемых кранов?

10. В каких случаях производится внеочередное полное техническое освидетельствование грузоподъемных кранов?

11. Кто осуществляет надзор за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов?

12. Какими техническими средствами обеспечения безопасности оборудованы грузоподъемные краны?

13. Груз массой  $m$  (кг) с помощью строповочных канатов  $n$  закреплен на крюке и поднимается вверх посредством грузоподъемного механизма; каждый строповочный канат образует с вертикалью угол  $\alpha$ . Определите нагрузку, приходящуюся на каждую ветвь стропа, по вариантам (табл. 9.2).

Таблица 9.2

№ варианта	Исходные параметры		
	$m$ , кг	$n$ , шт.	$\alpha$ , град
1	2000	4	60
2	500	2	30
3	1000	4	45
4	3000	4	45
5	4000	4	30
6	600	4	45
7	2000	8	30
8	400	2	60
9	1000	3	45

## Практическое занятие № 10

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ ГРУНТА И ПРОИЗВОДСТВЕ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

**Цель занятия:** приобрести знания по мерам обеспечения безопасности при открытой разработке грунта и производстве земляных работ, освоить методику расчета устойчивости откосов и креплений вертикальных стенок траншей и котлованов.

#### **Задачи занятия:**

1. Изучить основные опасные и вредные производственные факторы при выполнении земляных работ.
2. Изучить порядок организации земляных работ.
3. Изучить порядок производства земляных работ.
4. Изучить основные принципы расчета устойчивости откосов и креплений вертикальных стенок траншей и котлованов.
5. Овладеть практическими навыками расчета устойчивости откосов и креплений вертикальных стенок траншей и котлованов.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Произвести расчет допустимой крутизны откоса котлована (по вариантам, указанным преподавателем).
3. Произвести расчет многоярусной конструкции распорной зашивки траншеи (по вариантам, указанным преподавателем).
4. Оформить отчет.
5. Проверить знания по теме занятия, ответив на контрольные вопросы.

#### **Общие положения**

Основными видами земляных работ при открытой разработке грунта являются разработка котлованов, траншей, планировка участков и т. д.

Анализ травматизма показывает, что на земляные работы приходится около 5,5 % всех несчастных случаев на производстве, причем из всего количества несчастных случаев с тяжелым исходом по всем видам работ 10 % связано с выполнением земляных работ.

Основная причина травматизма при земляных работах – обрушение грунта, которое может происходить вследствие:

а) превышения нормативной глубины разработки выемок без креплений;

б) нарушения правил разработки траншей и котлованов;

в) неправильного устройства или недостаточной устойчивости и прочности креплений стенок траншей и котлованов;

г) разработки котлованов и траншей с недостаточно устойчивыми откосами;

д) возникновения неучтенных дополнительных нагрузок (статических и динамических) от строительных материалов, конструкций, механизмов;

е) нарушения установленной технологии земляных работ;

ж) отсутствия водоотвода или его устройства без учета геологических условий строительной площадки.

### ***Опасные и вредные производственные факторы при выполнении земляных работ***

К опасным и вредным производственным факторам при выполнении земляных работ относятся:

– обрушающиеся горные породы (грунты);

– падающие предметы (куски породы);

– движущиеся машины и их рабочие органы, а также передвигаемые ими предметы;

– расположение рабочих мест вблизи перепада по высоте 1,3 м и более;

– повышенное напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

– биологические факторы (скотомогильники, свалки);

– химические факторы.

При наличии опасных и вредных производственных факторов безопасность земляных работ должна быть обеспечена выполнением следующих мероприятий (табл. 10.1):

Таблица 10.1

Основные мероприятия по обеспечению безопасности  
при проведении земляных работ

Проектно-расчетные	Организационные
Определение допустимых глубин котлованов и траншей; проектирование способов производства работ механизмами; определение безопасной крутизны незакрепленных откосов котлованов и траншей (выемок) с учетом нагрузок от машин и грунта	Общие указания по безопасному ведению земляных работ
Расчет временных и постоянных опасных зон, обозначения их на чертеже; проектирование и выбор типов ограждений выемок ограждений и определение мест их установки	Мероприятия по охране опасных зон (знаки, сигналы, надписи)
Определение безопасной зоны ведения работ вблизи подземных коммуникаций, проектирование технологии выполнения работ	Указания по организации работ вблизи подземных коммуникаций
Определение конструкции крепления стенок выемок; расчет крепежного приспособления при разработке глубоких траншей и котлованов с вертикальными стенками, подбор инвентарных средств крепления	Общие указания по безопасной установке, перестановке и эксплуатации средств крепления
Выбор типов машин, применяемых для разработки грунта, и мест их установки, определение безопасных схем движения машин и транспорта	Мероприятия по безопасной эксплуатации машин и автотранспорта
Расчет местного освещения рабочих участков, проектирование и размещение осветительной системы	Указания по безопасной эксплуатации принятых светильников местного освещения
Подбор средств безопасного спуска работников в котлованы и траншеи	
Расчет или подбор оборудования для водоотведения и водопонижения, размещение его на чертеже	Указания по безопасной эксплуатации средств водоотведения и водопонижению

### ***Организация земляных работ***

Производство земляных работ осуществляется согласно ТКП 45-1.03-40–2006 «Безопасность труда в строительстве. Общие требования», ТКП 45-1.03-44–2006 «Безопасность труда в строительстве. Строительное производство».

К земляным работам можно приступать только при наличии проекта производства работ или технологических карт на разработку грунтов.

Перед началом работ руководитель работ обязан:

– ознакомить работников с мероприятиями по безопасности производства работ;

– провести и оформить целевой инструктаж с записью в наряде-допуске.

Производство земляных работ в охранной зоне расположения подземных коммуникаций (электрокабели, газопроводы и др.) допускается только после получения письменного разрешения организации, ответственной за эксплуатацию этих коммуникаций, и согласования с ней мероприятий по обеспечению сохранности коммуникаций и безопасности работ. До начала производства земляных работ необходимо уточнить расположение коммуникаций на местности и обозначить соответствующими знаками или надписями.

Производство земляных работ в зонах действующих кабельных линий или газопровода следует осуществлять под непосредственным руководством лица, ответственного за безопасное производство работ, при наличии наряда-допуска, определяющего безопасные условия работ, и под наблюдением работников организаций, эксплуатирующих эти коммуникации. В случае обнаружения при производстве работ коммуникаций, подземных сооружений, не указанных в проекте, или взрывоопасных материалов земляные работы должны быть приостановлены до получения разрешения от соответствующих органов.

Перед началом производства земляных работ на участках с возможным патогенным заражением почвы (свалки, скотомогильники, кладбища и т. п.) необходимо получить разрешение органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор.

В случае возникновения в процессе работ опасных и вредных производственных факторов, не предусмотренных нарядом-допуском, работы следует прекратить, наряд-допуск аннулировать и возобновить работы только после выдачи нового наряда-допуска.

### ***Организация рабочих мест при выполнении земляных работ***

С целью исключения размыва грунта, образования оползней, обрушения стенок выемок в местах производства земляных работ до их начала необходимо обеспечить отвод поверхностных и подземных вод.

Место производства работ должно быть очищено от валунов, деревьев, строительного мусора.

При размещении рабочих мест в котлованах и траншеях их размеры должны обеспечивать размещение оборудования, а также проходы на рабочих местах и к рабочим местам шириной не менее 0,6 м.

Выемки, разрабатываемые в местах возможного нахождения людей, во избежание доступа посторонних лиц должны быть ограждены.

На ограждениях устанавливаются предупредительные надписи, а в ночное время – сигнальное освещение.

Для прохода людей через выемки устанавливаются переходные мостики.

Для прохода на рабочие места в выемки устанавливают трапы или маршевые лестницы шириной не менее 0,6 м с ограждениями или приставные лестницы. Приставные лестницы должны быть прочно закреплены и на 1,0 м возвышаться над выемкой. Трапы (маршевые лестницы) должны иметь поручни высотой 1,1 м.

Производство работ, связанных с нахождением работников в выемках с вертикальными стенками без креплений в песчаных, пылевато-глинистых и талых грунтах выше уровня грунтовых вод и при отсутствии вблизи подземных сооружений, допускается при их глубине не более:

- 1,0 м – в насыпных несележавшихся и песчаных грунтах;
- 1,25 м – в супесях;
- 1,5 м – в суглинках и глинах.

Перед допуском работников в выемки глубиной более 1,3 м, ответственное лицо проверяет состояние откосов, надежность крепления стенок выемки.

Допуск работников в выемки с откосами, подвергшимся увлажнению, разрешается только после тщательного осмотра лицом, ответственным за обеспечение безопасности производства работ.

В местах, где требуется пребывание работников, устраиваются крепления или разрабатываются откосы.

Не допускается производство работ одним человеком в выемках глубиной 1,5 м и более.

### ***Порядок производства земляных работ***

Разработка грунта в непосредственной близости от действующих подземных коммуникаций допускается только при помощи лопат, без применения ударных инструментов.

Применение землеройных машин в местах пересечения выемок с действующими коммуникациями, не защищенными от механических повреждений, разрешается по согласованию с организациями – владельцами коммуникаций.

Земляные работы должны быть приостановлены в случае обнаружения не указанных в проекте коммуникаций, подземных сооружений или взрывоопасных материалов.

Отвалы грунта, машины, механизмы и другие нагрузки допускается размещать за пределами призмы обрушения грунта на расстоянии менее 0,6 м. При расчете устойчивости откосов необходимо учитывать нагрузки, превышающие 10 кН.

Не разрешается разрабатывать грунт в выемках «подкопом».

Производство работ в выемках с откосами, подвергшимися увлажнению, разрешается только после тщательного осмотра руководителем работ состояния грунта откосов и обрушения неустойчивого грунта в местах, где обнаружены «kozyрьки» или трещины (отслоения).

Извлеченный из выемки грунт необходимо размещать на расстоянии не менее 0,5 м от бровки этой выемки.

При извлечении грунта из выемок с помощью бадей необходимо устраивать защитные навесы-kozyрьки для защиты работающих в выемке.

Перемещение, установка и работа машин вблизи выемок с неукрепленными откосами разрешаются только за пределами призмы обрушения грунта.

Выемки, разработанные в зимнее время, при наступлении оттепели должны быть осмотрены, и приняты меры по обеспечению устойчивости откосов или креплений. Валуны и камни, а также отслоения грунта, обнаруженные на откосах, должны быть удалены.

Разработка роторными и траншейными экскаваторами в связных грунтах (суглинках, глинах) выемок с вертикальными стенками без крепления допускается на глубину не более 3 м. В этих случаях спуск работников в траншее не допускается.

Односторонняя засыпка пазух подпорных стен и фундаментов допускается после осуществления мероприятий, обеспечивающих устойчивость конструкции при принятых условиях, способах и порядке засыпки.

Крепления необходимо устанавливать в направлении *сверху вниз* по мере разработки выемки на глубину не более 0,5 м. Верхняя часть креплений должна выступать над бровкой выемки не менее чем на 0,15 м.

Разборку креплений следует производить в направлении *снизу вверх* по мере обратной засыпки грунта.

При разработке, транспортировании, выгрузке, планировке и уплотнении грунта двумя и более самоходными или прицепными машинами (скреперы, грейдеры, катки, бульдозеры и др.), идущими одна за другой, расстояние между ними должно быть не менее 10 м.

При засыпке выемок, а также при разгрузке на насыпях автомобиля-самосвалы следует устанавливать не ближе 1 м от бровки естественного откоса. Места разгрузки автотранспорта должны определяться регулировщиком.

При разработке выемок экскаватором, оборудованным прямой лопатой, высота забоя должна определяться с таким расчетом, чтобы в процессе работы не образовывались «kozyрьки» из грунта.

При работе экскаватора не разрешается производить другие работы со стороны забоя и находиться работникам в радиусе действия экскаватора ближе 5 м.

Запрещается разработка грунта бульдозерами и скреперами при движении на подъем или уклон с углом, превышающим указанный в паспорте машины.

Не допускается проведение землеройных работ машинами на расстоянии менее 1 м, а применение ударных механизмов – на расстоянии менее 5 м от трассы кабелей.

При механическом ударном рыхлении грунта не допускается нахождение работников на расстоянии ближе 5 м от мест рыхления.

Не допускается присутствие людей на участках, где ведутся работы по уплотнению грунтов свободно падающими трамбовками, на расстоянии менее 20 м от базовой машины.

При выполнении земляных работ над кабелями применение отбойных молотков для рыхления грунта и землеройных машин для его выемки, а также ломов и кирок допускается только на глубину, при которой до кабелей остается слой грунта не менее 0,3 м. Дальнейшая выемка грунта должна производиться лопатами.

В зимнее время выемку грунта лопатами можно осуществлять только после его отогревания. При этом приближение источника тепла к кабелям допускается не менее чем на 0,15 м. При механическом ударном рыхлении мерзлого грунта необходимо на расстоянии 15 м от места рыхления обозначать сигнальным ограждением опасные от разлета осколков зоны.

В случае электропрогрева грунта напряжение источника питания не должно быть выше 400 В.

Прогреваемый участок грунта необходимо оградить, установить на ограждении знаки безопасности, а в ночное время осветить. Расстояние между ограждением и контуром прогреваемого участка должно быть не менее 3 м.

На прогреваемом участке пребывание работников и других лиц не допускается.

Линии временного электроснабжения к прогреваемым участкам грунта должны выполняться изолированным проводом, а после каждого перемещения электрооборудования и перекладки электропроводки следует измерить сопротивление изоляции мегаомметром.

При появлении вредных газов работы должны быть немедленно прекращены, а рабочие удалены из опасных мест до выявления источника загазованности и его устранения.

При необходимости использования машин в сложных условиях (срезка грунта на уклоне, расчистка завалов) следует применять машины, оборудованные средствами защиты, предупреждающими воздействие на работающих опасных производственных факторов, возникающих в этих условиях (падение предметов, опрокидывание и т. п.).

### ***Устойчивость откосов и креплений вертикальных стенок траншей и котлованов***

В большинстве случаев обрушение грунтов происходит из-за нарушения крутизны откосов разрабатываемых котлованов

и траншей. Предотвратить обрушение и обеспечить устойчивость грунтовых масс можно двумя способами: образованием безопасных откосов грунта или постановкой креплений.

Рытье котлованов и траншей малой глубины в грунтах естественной влажности и при отсутствии грунтовых вод может производиться без креплений.

Основными элементами открытой разработки карьера, котлована или траншеи без крепления является ширина  $l$  и высота  $H$  уступа, форма уступа, угол откоса  $\alpha$ , крутизна. Обрушение уступа происходит чаще всего по линии  $AC$ , расположенной под углом  $\theta$  к горизонту. Объем  $ABC$  называют призмой обрушения (рис. 10.1). Призма обрушения удерживается в равновесии силами трения, приложенными в плоскости сдвига.

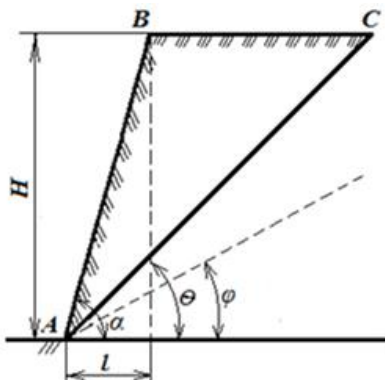


Рис. 10.1. Схема откоса

Для связных грунтов пользуются понятием «угол внутреннего трения»  $\phi$ . Эти грунты, кроме сил трения, обладают и силой сцепления между частицами. Силы сцепления достаточно велики, поэтому связный грунт довольно устойчив. Однако при разработке (резании) грунты разрыхляются, структура их нарушается, и они теряют связность. Также изменяются силы трения и сцепления, уменьшаясь с увеличением влажности. Поэтому устойчивость незакрепленных откосов также непостоянна и сохраняется временно до изменения физико-химических свойств грунта, связанного, в основном, с атмосферными осадками в летнее время и последующим увеличением влажности грунта. Так, угол естественного откоса  $\phi$  для песка сухого –  $25\text{--}30^\circ$ , песка

влажного – 20°, глины сухой – 45° и глины влажной – 15°. Установление безопасной высоты уступа, угла откоса и наиболее удобной ширины бермы является важной задачей. От правильного выбора этих параметров зависит эффективность и безопасность производства земляных работ.

Исходя из теории устойчивости горных пород критическая высота вертикальной стенки при  $\alpha = 90^\circ$  определяется по формуле В. В. Соколовского:

$$H_{кр} = \frac{2C \cos \varphi}{\rho(1 - \sin \varphi)}, \quad (10.1)$$

где  $H_{кр}$  – критическая высота вертикальной стенки, м;

$C$  – сила сцепления грунта, т/м<sup>2</sup>;

$\rho$  – плотность грунта, т/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – угол внутреннего трения.

$C$ ,  $\rho$ ,  $\varphi$  определяют по таблицам справочных данных (табл. 10.2).

Таблица 10.2

Характеристики грунта

Грунт	Плотность грунта $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Угол внутреннего трения $\varphi$ , град	Сила сцепления грунта $C$ , т/м <sup>2</sup>
Глина	1,7–2	7–20	0–20
Суглинок легкий	1,5–1,8	12–25	0–16
Суглинок пылеподобный	1,5–1,7	15–25	0–16
Суглинок лессовидный	1,4–1,7	12–25	0–20
Супесь	1,5–1,7	18–30	0–10
Песок мелкозернистый	1,6–1,9	22–35	0–0,5
Песок	1,6–1,9	26–35	0–0,3
Песок крупнозернистый	1,6–2	27–40	0–0,2

При определении предельной глубины котлована или траншеи с вертикальной стенкой вводят коэффициент запаса, принимаемый равным 1,25:

$$H_{кр} = \frac{H_{кр}}{1,25}. \quad (10.2)$$

Откос котлована или траншеи, устраиваемый в сыпучих грунтах, будет устойчивым, если угол, образованный его поверхностью с горизонтом, не превышает угла внутреннего трения грунта.

В карьерах, разрабатываемых на большую глубину (20–30 м и более), наибольшую опасность представляют оползни, способные засыпать нижний участок работ вместе с машинами, оборудованием и обслуживающим персоналом. Наибольшее количество оползней бывает весной и осенью, в периоды активного действия паводковых вод, дождей и оттаивания.

Наибольшая допустимая глубина котлованов и траншей с вертикальными стенками без креплений  $H_{пр}$ , а также допустимая крутизна откосов (отношение высоты откоса к его заложению –  $H:l$ ) для различных грунтов приведены в табл. 10.3. В том случае, когда по высоте откоса имеется напластование различных грунтов, крутизну откоса определяют по наиболее слабому грунту.

Таблица 10.3

Допустимые параметры откосов, выполняемых без креплений

Грунты	$H_{пр}$ , м	Глубины выемки, м					
		до 1,5		до 3		до 5	
		$\alpha$ , град	$H:l$	$\alpha$ , град	$H:l$	$\alpha$ , град	$H:l$
Насыпные неуплотненные	1	56	1:0,25	45	1:1	39	1:1,25
Песчаные и гравийные	1	63	1:0,5	45	1:1	45	1:1
Супесь	1,25	76	1:0,25	56	1:0,67	50	1:0,85
Суглинок	1,5	90	1:0	63	1:0,5	53	1:0,75
Глина	1,5	90	1:0	76	1:0,25	63	1:0,5

Крутизна откосов выемок глубиной более 5 м во всех грунтах (однородных, неоднородных, естественной влажности, переувлажненных) и глубиной менее 5 м при расположении подошвы выемки ниже уровня грунтовых вод должна устанавливаться по расчету.

#### **Расчет крутизны откосов**

Расчет может быть выполнен по методике Н. Н. Маслова. Во всех случаях устойчивый откос должен иметь профиль переменной

крутизны, понижающейся с глубиной выемки. Методика позволяет учесть следующие факторы:

- а) изменение характеристик грунта в его отдельных слоях;
- б) наличие дополнительной пригрузки бермы откоса распределенной нагрузкой.

При расчете крутизну профиля откоса устанавливают для его отдельных слоев толщиной  $\Delta Z = 1-2$  м, которые должны быть привязаны к естественному напластованию слоев в данном грунте.

Схема построения профиля откоса показана на рис. 10.2.

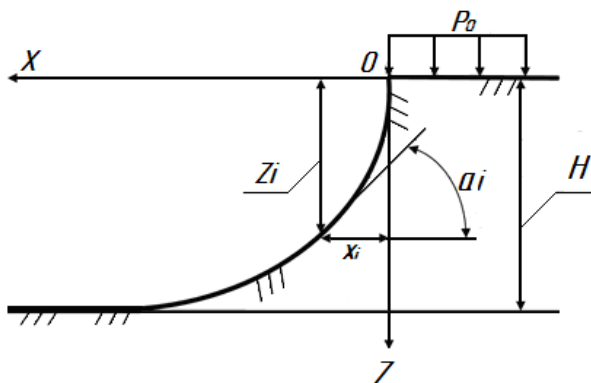


Рис. 10.2. Схема построения профиля откоса

Расчетные формулы для координаты  $X_i$ , м, имеют следующий вид:

- а) для общего случая нагруженной бермы ( $P_0 > 0$ ):

$$X_i = \frac{1}{\gamma \operatorname{tg}^2 \varphi} \left( A + C \ln \frac{B}{A + B} \right), \quad (10.3)$$

где  $\gamma$  – объемный вес грунта, т/м<sup>3</sup>;

$$A = \gamma Z_i \operatorname{tg} \varphi;$$

$$B = P_0 \operatorname{tg} \varphi + C;$$

$C$  – удельное сцепление грунта, т/м<sup>2</sup>;

$P_0$  – равномерно распределенная по поверхности откоса нагрузка, т/м<sup>2</sup>.

б) для частного случая ненагруженной бермы ( $P_0 = 0$ ):

$$X_i = \frac{1}{\gamma \text{tg}^2 \varphi} \left( A + C \ln \frac{C}{A + C} \right). \quad (10.4)$$

Результаты расчетов целесообразно сводить в таблицу (табл. 10.4).

Таблица 10.4

Вычисление профиля равноустойчивого откоса по методике Н. Н. Маслова

№ СЛОЯ	$Z_i$ , м	$\gamma Z_i$ , т/м <sup>2</sup>	$\text{tg} \varphi$	$A$ , т/м <sup>2</sup>	$\frac{1}{\gamma \text{tg}^2 \varphi}$ , м <sup>3</sup> /т	$B$ , т/м <sup>2</sup>	$\frac{B}{A+B}$	$\ln \frac{B}{A+B}$	$A + C \ln \frac{B}{A+B}$	$X_i$ , м	$\alpha_i$
1	1										
2	2										
3	3										
...	...										
10	10										

По данным вычислений строится профиль равноустойчивого откоса.

### ***Крепление котлованов и траншей***

В связных грунтах естественной влажности ставят щитовые крепления (с просветом в одну доску, а во влажных сыпучих грунтах – сплошное. Распорки таких креплений делают раздвижными.

Крепления рассчитывают на активное давление грунта. Активное давление в песчаных грунтах, где силы сцепления между частицами незначительны, определяется по формуле

$$p_{\text{акт}} = H \rho \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (10.5)$$

где  $H$  – глубина траншеи, м;

$\varphi$  – угол естественного откоса (угол внутреннего трения для связных грунтов), град.

Для связных грунтов активное давление грунта определяется по формуле

$$p_{\text{акт}} = H\rho t g^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - 2C t g \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (10.6)$$

Рассчитывая крепления в связных грунтах, следует помнить, что при расчете котлованов и траншей грунт на поверхности разрыхляется и теряет связность, поэтому вторую часть формулы в некоторых случаях можно не принимать в расчет.

Эпюра активного давления грунта представляет собой треугольник, вершина которого расположена по границе бровки траншеи, а максимальное значение давления  $p_{\text{max}}$  – на уровне дна траншеи (рис. 10.3).

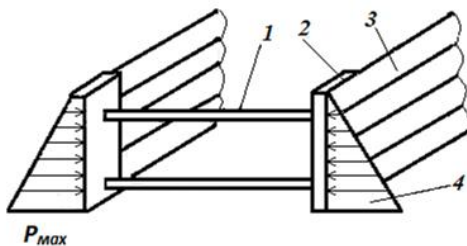


Рис. 10.3. Схема щитового крепления:  
1 – распорки; 2 – стойки; 3 – щиты; 4 – эпюра давления

В креплениях распорного типа расчету подлежат доски крепления, стойки и распорки.

Элементы конструкции крепления рассчитывают на прочность следующим образом.

Доски горизонтальной зашивки толщиной  $t$  и шириной  $b$  рассчитываются на прочность как неразрезная многопролетная балка, и они работают на изгиб под действием расчетной равномерно распределенной нагрузки  $q_1$ , МН/м:

$$q_1 = b\sigma_{2,\text{max}}, \quad (10.7)$$

где  $\sigma_{2,\text{max}}$  – боковое давление грунта на глубине  $h$  подошвы выемки, МПа.

Для связных грунтов:

$$\sigma_{2,\max} = \gamma\theta^2 \left( H - \frac{2C}{\gamma\theta} \right); \quad (10.8)$$

$$\theta = \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (10.9)$$

Допустимое расстояние  $l$  между стойками крепления находят расчетом на прочность при изгибе; расчетная формула для определения величины шага стоек имеет вид:

$$l \leq 1,3 \frac{t}{\theta} \sqrt{\frac{m_b R_{и}}{\gamma(H-h_c)}}, \quad (10.10)$$

где  $m_b$  – коэффициент условий эксплуатации; для древесины, соприкасающейся с грунтом,  $m_b = 0,85$ ;

$R_{и} = 8,5$  МПа – расчетное сопротивление изгибу;

$h_c$  – глубина, до которой траншею в заданных грунтах можно разрабатывать без крепления, м:

$$h_c = \frac{2C}{\gamma\theta}. \quad (10.11)$$

До глубины  $h_c$  зашивку выполняют из доски минимальной толщины  $t$  из имеющегося сортамента для исключения вывалов и осыпи грунта в траншее. Это же наименьшее значение  $t$  используется для расчета по формуле (10.10).

Поскольку крепление траншеи с шагом стоек менее 1,5 м экономически не обосновано, в случае получения такого результата необходимо принять  $l = 1,5$  м и рассчитать минимально достаточную толщину досок нижнего яруса зашивки при данном шаге стоек:

$$t \geq 0,77l\theta \sqrt{\frac{\gamma(H-h_c)}{m_b R_{и}}}. \quad (10.12)$$

Для устройства крепления с экономически обоснованной толщиной зашивки находят расчетные глубины  $h_{\text{расч.}}$ , до которых возможно применение для зашивки досок той или иной (оптимальной) толщины:

$$h_{\text{расч.}} = \frac{1,69t^2 m_{\text{в}} R_{\text{н}}}{l^2 \theta^2 \gamma} + h_{\text{с}}. \quad (10.13)$$

По результатам расчета строят ступенчатый профиль крепления (рис. 10.4).

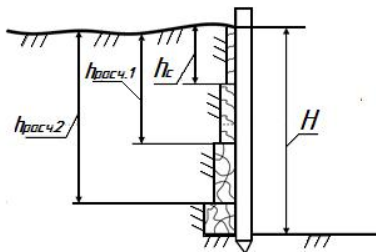


Рис. 10.4. Профиль конструкции распорной зашивки траншеи

В случаях, когда распорки в траншейных креплениях затрудняют выполнение в них строительно-монтажных работ, например, по прокладке трубопроводов или других коммуникаций, вместо распорок применяют оттяжки и анкеры (рис. 10.5).

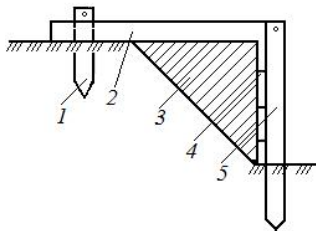


Рис. 10.5. Анкерное крепление траншеи:

1 – анкер; 2 – оттяжка; 3 – призма обрушения; 4 – щит; 5 – стойка

Следует отметить, что устройство и разборка применяемых неинвентарных креплений, состоящих из отдельных досок, стоек и распорок, связаны с трудоемкой и опасной работой. Особенно опасны работы по разборке таких креплений. Кроме того, неинвентарные крепления требуют большого расхода материалов

и имеют низкую оборачиваемость крепежного материала, что повышает их стоимость.

Внешняя дополнительная нагрузка при разработке выемок (отвал земли, установка на краю откоса строительных машин и др.) может вызвать обрушение грунтовых масс, если их расположение не будет учитываться.

Учет дополнительных нагрузок при определении активного давления грунта производится приведением дополнительной нагрузки к равномерно распределенной на призме обрушения с плотностью, равной плотности плотного грунта.

Полученная таким образом высота дополнительной нагрузки добавляется к глубине траншеи. При разработке глубоких котлованов экскаватором, оборудованным прямой лопатой и установленным на дне выемки, образуется «козырек»  $a$  (рис. 10.6, 10.7).

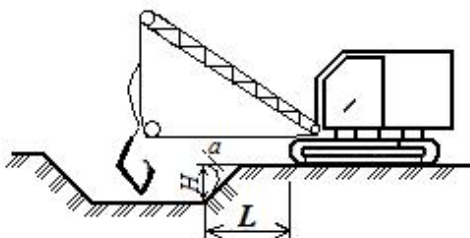


Рис. 10.6. Схема образования «козырька»  $a$  при разработке котлованов экскаватором, оборудованным прямой лопатой

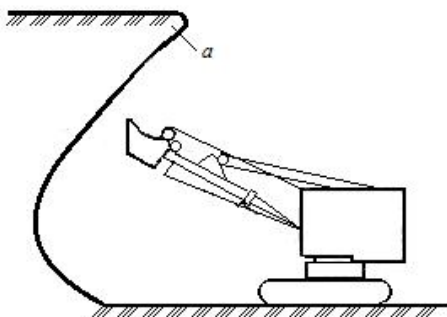


Рис. 10.7. Схема образования «козырька»  $a$  при разработке котлованов экскаватором, установленным на дне выемки

Это происходит за счет того, что при такой установке экскаватор образует откосы, равные  $\frac{1}{3}$  высоты стрелы. Опасность обрушения «козырька» приводит к необходимости устанавливать экскаваторы, оборудованные обратной лопатой, наверху разрабатываемой выемки.

При расположении вблизи выемки с неукрепленными откосами землеройных машин необходимо определять расстояние  $L$  от ближайшей к выемке опоры машин до бровки откоса (см. рис. 10.6). Это расстояние зависит от высоты выемки  $H$ , типа и состояния грунта и определяется по табл. 10.5 и по формуле

$$L = H \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\sin \alpha \sin \varphi}. \quad (10.14)$$

Таблица 10.5

Допустимые расстояния  $L$

Грунт (ненасыпной)	$L$ при глубине выемки, м				
	1	2	3	4	5
Песок и гравий	1,5	3,0	4,0	5,0	6,0
Супесь	1,25	2,4	3,6	4,4	5,3
Суглинок	1,0	2,0	3,25	4,0	4,75
Глина	1,0	1,5	1,75	3,0	3,5

### Контрольные вопросы и задания по теме занятия

1. Назовите причины травматизма при проведении земляных работ.
2. Назовите основные причины обрушения грунта.
3. Какие мероприятия и технологические параметры определяют безопасность проведения открытой разработки грунта?
4. Как определить предельную глубину котлована или траншеи с вертикальной стенкой?
5. Как рассчитываются крепления вертикальных стенок траншей и котлованов для песчаных грунтов?

6. Как рассчитываются крепления вертикальных стенок траншей и котлованов для связных грунтов?

7. При выполнении земляных работ, связанных с разработкой котлована, возможно обрушение грунта и травмирование рабочих. Во избежание несчастного случая необходимо рассчитать допустимую крутизну откоса котлована при глубине 10 м для глинистого грунта:

а) провести расчет профиля равноустойчивого откоса, данные свести в таблицу (по форме табл. 10.4);

б) по данным расчетной таблицы построить профиль откоса.

№ варианта: 1		2	3	4	5	6	7	8	9	
Грунт:		супесь	суглинок	глина	супесь	суглинок	глина	супесь	суглинок	глина
$\gamma, \text{т/м}^3$	1,90	1,95	2,00	1,90	1,95	2,00	1,90	1,95	2,00	
$\phi$	21°	12°	9°	23°	14°	13°	25°	16°	15°	
$C, \text{т/м}^2$	1,0	1,8	2,2	1,2	2,4	3,0	2,8	2,6	1,4	
$P_0, \text{т/м}^2$	0,2	0,4	0,5	0,3	0,6	0,8	0,7	0,9	1,0	

8. Рассчитать многоярусную конструкцию распорной зашивки траншеи глубиной 5,5 м в глинистом грунте ( $\gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$ ) из крепежной доски III сорта толщиной  $t = 25, 40, 50$  и  $70$  мм (брус). Изобразить профиль конструкции.

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C, \text{кПа}$	8	10	12	14	16	10	12	8	14	16
$\phi, \text{град}$	30	30	30	30	30	25	25	25	25	25

## Практическое занятие № 11

### РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЕМКостей И СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

**Цель занятия:** приобрести знания по основам безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением; освоить порядок расчета конструктивных параметров емкостей и сосудов, работающих под давлением, обеспечивающих безопасность их эксплуатации.

#### **Задачи занятия:**

1. Изучить возможные причины взрывов сосудов, работающих под давлением.
2. Изучить характеристики групп сосудов, работающих под давлением.
3. Изучить основные требования к конструкции сосудов, работающих под давлением.
4. Изучить основы безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
5. Изучить порядок расчета конструктивных параметров емкостей и сосудов, работающих под давлением, обеспечивающих безопасность их эксплуатации.
6. Овладеть практическими навыками расчета конструктивных параметров емкостей и сосудов, работающих под давлением, обеспечивающих безопасность их эксплуатации.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Произвести расчет конструктивных параметров емкостей и сосудов, работающих под давлением, обеспечивающих безопасность их эксплуатации (по вариантам, указанным преподавателем).
3. Оформить отчет.
4. Проверить знания по теме занятия, ответив на контрольные вопросы.

## Общие положения

На предприятиях агропромышленного комплекса широко применяются сосуды, работающие под давлением.

В общем случае сосудом, работающим под давлением, называют герметически закрытую емкость, предназначенную для ведения химических и тепловых процессов, а также для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов и жидкостей под давлением. Границей сосуда являются входные и выходные штуцера.

К установкам, работающим под давлением, относятся паровые и водогрейные котлы, компрессоры, газовые баллоны, паропроводы, газопроводы, автоклавы и др.

Использование сосудов, работающих под давлением, требует инженерного решения комплекса мер по охране труда с точки зрения их безопасной эксплуатации:

- конструкция сосудов должна быть надежной;
- должна обеспечивать безопасность при эксплуатации и предусматривать возможность осмотра, очистки, промывки, продувки и ремонта сосудов;
- конструкция сосудов, обогреваемых горячими газами, должна обеспечивать надежное охлаждение стенок, находящихся под давлением, до расчетной температуры;
- электрическое оборудование сосудов и заземление должны отвечать требованиям электробезопасности.

Применение большого числа сосудов и аппаратов, работающих под давлением, выдвигает на первый план задачу создания здоровых и безопасных условий труда с одновременным решением вопросов профилактики производственного травматизма. В ряде случаев разгерметизация сосудов, работающих под давлением, не только не желательна с технической точки зрения, но и опасна для обслуживающего персонала и производства в целом. При разгерметизации сосудов, работающих под давлением, появляется опасность физического или химического взрыва. Взрывы баллонов во всех случаях представляют опасность независимо от того, какой газ в них содержится.

Особую опасность для сосудов под давлением представляют падение или удар.

Опасность эксплуатации аппаратов под давлением заключается в том, что при потере механической прочности стенок обечайки (коррозия, локальный перегрев, трещины и т. п.) или повышении давления может произойти разрушение сосуда, в результате которого потенциальная энергия сжатой среды переходит в кинетическую энергию разлетающихся осколков.

Работа взрыва при адиабатическом расширении газа определяется по формуле

$$W = \frac{k}{k-1} P_1 V \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right], \quad (11.1)$$

где  $k$  – показатель адиабаты;

$P_1$  – начальное давление в сосуде, Па;

$V$  – начальный объем газа, м<sup>3</sup>;

$P_2$  – конечное давление в сосуде, Па.

Взрывы сосудов приводят к тяжелым несчастным случаям, разрушению зданий и оборудования. Чем больше энергия сжатой среды, тем тяжелее последствия аварий.

Основными причинами взрывов являются:

- некачественное проектирование и изготовление;
- дефекты в конструкционных материалах;
- плохая защита от коррозии;
- старение материалов в процессе эксплуатации;
- нарушение технологического режима;
- недостаточная квалификация обслуживающего персонала и т. д.

При разрушении сосудов, работающих под давлением, существуют 4 опасных фактора:

- разлет осколков;
- взрывная волна;
- выделение токсичных веществ (если среда не инертная);
- выделение горючих веществ.

Сосуды под давлением представляют большую опасность, поэтому их проектирование, изготовление и эксплуатация регламентируется «Правилами по обеспечению промышленной безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением» (утв. постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 28.01.2016 № 7).

### ***Характеристика групп сосудов, работающих под давлением***

В зависимости от расчетного давления, температуры стенки и характера среды сосуда делятся на 4 группы (табл. 11.1).

*Таблица 11.1*

Характеристика групп сосудов, работающих под давлением

Группа сосуда	Расчетное давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Температура стенки, °С	Характер рабочей среды
1	свыше 0,07 (0,7)	независимо	Взрывоопасны или пожароопасны или 1, 2 классов опасности
2	до 2,5 (25)	ниже -70, выше +400	Любая, за исключением указанной для 1 группы сосудов
	свыше 2,5 (25) до 4 (40)	ниже -70, выше +200	
	свыше 4 (40) до 5 (50)	ниже -40, выше +200	
	свыше 5 (50)	независимо	
3	до 1,6 (16)	от -70 до -20, от +200 до +700	Любая, за исключением указанной для 1 группы сосудов
	свыше 1,6 (16) до 2,5 (25)	от -70 до +400	
	свыше 2,5 (25) до 4 (40)	от -70 до +200	
	свыше 4 (40) до 5 (50)	от -40 до +200	
4	до 1,6 (16)	от -20 до +200	

Под расчетным давлением в рабочих условиях для элементов сосудов и аппаратов следует понимать давление, на которое проводится их расчет на прочность. Расчетное давление для элементов сосуда или аппарата принимают, как правило, равным рабочему давлению или выше.

Рабочее давление – максимальное избыточное давление, возникающее при нормальном протекании рабочего процесса.

### ***Общие требования к конструкции сосудов***

Конструкция сосудов должна обеспечивать надежность и безопасность эксплуатации в течение расчетного срока службы и предусматривать возможность проведения технического освидетельствования, очистки, промывки, полного опорожнения, продувки, ремонта, эксплуатационного контроля металла и соединений.

Для каждого сосуда должен быть установлен и указан в паспорте расчетный срок службы с учетом условий эксплуатации.

Устройства, препятствующие наружному и внутреннему осмотрам сосудов (мешалки, змеевики, рубашки, тарелки, перегородки и другие приспособления), должны быть, как правило, съемными.

При применении приварных устройств должна быть предусмотрена возможность их удаления для проведения наружного и внутреннего осмотров и последующей установки на место. Порядок съема и установки этих устройств должен быть указан в руководстве по эксплуатации сосуда.

Конструкции внутренних устройств должны обеспечивать удаление из сосуда воздуха при гидравлическом испытании и воды после гидравлического испытания.

Сосуды должны иметь штуцера для наполнения и слива воды, а также для удаления воздуха при гидравлическом испытании.

На каждом сосуде должны быть предусмотрены вентиль, кран или другое устройство, позволяющее осуществлять контроль за отсутствием давления в сосуде перед его открыванием; при этом отвод среды должен быть направлен в безопасное место.

Сосуды, которые в процессе эксплуатации изменяют свое положение в пространстве, должны иметь приспособления, предотвращающие их самопрокидывание.

Конструкция сосудов, обогреваемых горячими газами, должна обеспечивать надежное охлаждение стенок, находящихся под давлением, до расчетной температуры.

Для проверки качества приварки колец, укрепляющих отверстия для люков, лазов и штуцеров, должно быть резьбовое контрольное отверстие в кольце, если оно приварено снаружи, или в стенке, если кольцо приварено с внутренней стороны сосуда. Данное требование распространяется также и на привариваемые снаружи к корпусу накладки или другие укрепляющие элементы.

Наружные глухие элементы (например накладки), не работающие под давлением, должны иметь дренажные отверстия в самых низких местах.

Заземление и электрическое оборудование сосудов должны соответствовать правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей в установленном порядке.

Сосуды должны быть снабжены необходимым количеством люков и смотровых лючков, обеспечивающих осмотр, очистку и ремонт сосудов, а также монтаж и демонтаж разборных внутренних устройств.

Сосуды, состоящие из цилиндрического корпуса и решеток с закрепленными в них трубками (теплообменники), и сосуды, предназначенные для транспортировки и хранения криогенных жидкостей, а также сосуды, предназначенные для работы с веществами 1-го и 2-го классов опасности, но не вызывающие коррозии и накипи, допускается изготавливать без люков и лючков независимо от диаметра сосудов.

Сосуды с внутренним диаметром более 800 мм должны иметь люки, а с внутренним диаметром 800 мм и менее – лючки.

Внутренний диаметр круглых люков должен быть не менее 400 мм. Размеры овальных люков по наименьшей и наибольшей осям должны быть не менее 325×400 мм.

Внутренний диаметр круглых или размер по наименьшей оси овальных лючков должен быть не менее 80 мм.

Люки, лючки необходимо располагать в местах, доступных для обслуживания. Требования к устройству, расположению и обслуживанию смотровых окон в барокамерах определяются проектной организацией и указываются в инструкции по монтажу и эксплуатации завода-изготовителя.

Крышки люков должны быть съемными. На сосудах, изолированных на основе вакуума, допускаются приварные крышки.

Крышки массой более 20 кг должны быть снабжены подъемно-поворотными или другими устройствами для их открывания и закрывания.

Конструкция шарнирно-откидных или вставных болтов, хомутов, а также зажимных приспособлений люков, крышек и их фланцев должна предотвращать их самопроизвольный сдвиг.

В сосудах применяются днища: эллиптические, полусферические, торосферические, сферические неотбортованные, конические отбортованные, конические неотбортованные, плоские отбортованные, плоские неотбортованные.

Эллиптические днища должны иметь высоту выпуклой части, измеренную по внутренней поверхности, не менее 0,2 внутреннего диаметра днища.

Торосферические (коробовые) днища должны иметь:

- высоту выпуклой части, измеренную по внутренней поверхности, не менее 0,2 внутреннего диаметра;

- внутренний радиус отбортовки не менее 0,1 внутреннего диаметра днища;

- внутренний радиус кривизны центральной части не более внутреннего диаметра днища.

Сферические неотбортованные днища могут применяться с приварными фланцами, при этом:

- внутренний радиус сферы днища должен быть не более внутреннего диаметра сосуда;

- сварное соединение фланца с днищем выполняется со сплошным проваром.

В сварных выпуклых днищах, за исключением полусферических, состоящих из нескольких частей с расположением сварных швов по хорде, расстояние от оси сварного шва до центра днища должно быть не более  $\frac{1}{5}$  внутреннего диаметра днища.

Круговые швы выпуклых днищ должны располагаться от центра днища на расстоянии не более  $\frac{1}{3}$  внутреннего диаметра днища.

Конические неотбортованные днища должны иметь центральный угол не более  $45^\circ$ .

Плоские днища с кольцевой канавкой и цилиндрической частью (бортом), изготовленные механической расточкой, должны изготавливаться из поковки. Допускается изготовление отбортованного плоского днища из листа, если отбортовка выполняется штамповкой или обкаткой кромки листа с изгибом на  $90^\circ$ .

При сварке обечаек и труб, приварке днищ к обечайкам должны применяться стыковые швы с полным проплавлением.

Допускаются сварные соединения в тавр и угловые с полным проплавлением для приварки плоских днищ, плоских фланцев, трубных решеток, штуцеров, люков, рубашек.

Применение нахлесточных сварных швов допускается для приварки к корпусу укрепляющих колец, опорных элементов, подкладных листов, пластин под площадки, лестницы, кронштейны и т. п.

Сварные швы должны быть доступны для контроля при изготовлении, монтаже и эксплуатации сосудов.

Продольные швы смежных обечаек и швы днищ сосудов должны быть смещены относительно друг друга на величину трехкратной толщины наиболее толстого элемента, но не менее чем на 100 мм между осями швов.

Указанные швы допускается не смещать относительно друг друга в сосудах, предназначенных для работы под давлением не более 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>) и температуре стенки не выше 400 °С, с номинальной толщиной стенки не более 30 мм при условии, что эти швы выполняются автоматической или электрошлаковой сваркой и места пересечения швов контролируются методом радиографии или ультразвуковой дефектоскопии в объеме 100 %.

При приварке к корпусу сосуда внутренних и внешних устройств (опорных элементов, тарелок, рубашек, перегородок и др.) допускается пересечение этих сварных швов со стыковыми швами корпуса при условии предварительной проверки перекрываемого участка шва корпуса радиографическим контролем или ультразвуковой дефектоскопией.

В случае приварки опор или иных элементов к корпусу сосуда расстояние между краем сварного шва сосуда и краем шва приварки элемента должно быть не менее толщины стенки корпуса сосуда, но не менее 20 мм.

Для сосудов из углеродистых и низколегированных марганцовистых и марганцово-кремнистых сталей, подвергаемых после сварки термообработке, независимо от толщины стенки корпуса расстояние между краем сварного шва сосуда и краем шва приварки элемента должно быть не менее 20 мм.

В стыковых сварных соединениях элементов сосудов с разной толщиной стенок должен быть обеспечен плавный переход

от одного элемента к другому путем постепенного утоньшения кромки более толстого элемента. Угол наклона поверхностей перехода не должен превышать  $20^\circ$ .

Если разница в толщине соединяемых элементов составляет не более 30 % толщины тонкого элемента и не превышает 5 мм, то допускается применение сварных швов без предварительного утоньшения толстого элемента. Форма швов должна обеспечивать плавный переход от толстого элемента к тонкому.

При стыковке литой детали с деталями из труб, проката или поковок необходимо учитывать, что номинальная расчетная толщина литой детали на 25–40 % больше аналогичной расчетной толщины стенки элемента из труб, проката или поковок, поэтому переход от толстого элемента к тонкому должен быть выполнен таким образом, чтобы толщина конца литой детали была не менее расчетной величины.

Отверстия для люков, лючков и штуцеров должны располагаться, как правило, вне сварных швов.

Допускается расположение отверстий:

- на продольных швах цилиндрических и конических обечаек сосудов, если номинальный диаметр отверстий не более 150 мм;
- на кольцевых швах цилиндрических и конических обечаек сосудов без ограничения диаметра отверстий;
- на швах выпуклых днищ без ограничения диаметра отверстий при условии 100 % проверки сварных швов днищ методом радиографии или ультразвуковой дефектоскопии.

На торосферических (коробовых) днищах допускается расположение отверстий только в пределах центрального сферического сегмента. При этом расстояние от центра днища до наружной кромки отверстия, измеряемое по хорде, должно быть не более  $0,4D$  ( $D$  – наружный диаметр днища).

### ***Требования к эксплуатации сосудов, работающих под давлением***

Эксплуатация сосудов должна осуществляться в соответствии с разработанной и утвержденной эксплуатирующей организацией инструкцией по эксплуатации, в которой, в том числе, должны быть отражены:

- сосуды, на которые распространяется инструкция по эксплуатации, их назначение;

- обязанности персонала во время дежурства по наблюдению и контролю за работой сосуда;
- порядок проверки исправности обслуживаемых сосудов и относящегося к ним оборудования в рабочем состоянии;
- порядок, сроки и способы проверки арматуры, предохранительных устройств, приборов автоматики защиты и сигнализации;
- порядок пуска в работу и остановки (прекращения работы) сосуда;
- порядок пуска в работу сосуда в зимнее время;
- меры безопасности при выводе оборудования в ремонт;
- случаи, требующие немедленной остановки сосуда. Порядок аварийной остановки и снижения давления до атмосферного устанавливается в зависимости от конкретной схемы включения сосуда и технологического процесса;
- действия персонала при ликвидации аварийных ситуаций;
- порядок ведения сменного журнала (оформление приема и сдачи дежурства, проверка записи лицом, ответственным за исправное состояние и безопасную эксплуатацию сосуда).

Организацией, в которой эксплуатируются сосуды, должна быть разработана и утверждена схема включения сосуда с указанием источника давления, параметров, его рабочей среды, арматуры, контрольно-измерительных приборов, средств автоматического управления, предохранительных и блокирующих устройств. Схема включения сосуда должна быть приложена к паспорту сосуда.

При эксплуатации сосудов, обогреваемых горячими газами, необходимо обеспечить надежное охлаждение стенок, находящихся под давлением, не допуская превышение температуры стенки выше допустимых значений.

В целях исключения возможности введения в работу сосудов с быстросъемными крышками при неполном закрытии крышки и открывании ее при наличии в сосуде давления, необходимо оснащение таких сосудов системой ключ-марка.

При эксплуатации сосуда с рабочим давлением до 2,5 МПа необходимо применение манометров прямого действия, имеющих класс точности не ниже 2,5, а при рабочем давлении выше 2,5 МПа класс точности применяемых манометров должен быть не ниже 1,5.

Шкала манометра выбирается исходя из условия, что при рабочем давлении стрелка манометра должна находиться во второй трети шкалы. На шкале манометра должна быть нанесена красная черта на

уровне деления, соответствующего рабочему давлению для данного элемента с учетом добавочного давления от веса столба жидкости. Взамен красной черты допускается прикреплять к корпусу манометра металлическую пластинку, окрашенную в красный цвет и плотно прилегающую к стеклу манометра. Манометр должен быть установлен так, чтобы его показания были отчетливо видны обслуживающему персоналу, при этом шкала его должна быть расположена вертикально или с наклоном вперед до  $30^\circ$  для улучшения видимости показаний.

Проверка исправности манометра производится с помощью трехходового крана или заменяющих его запорных вентилей путем установки стрелки манометра на ноль. Проверка манометров с их опломбированием или клеймением должна производиться не реже одного раза в 12 месяцев. Кроме того, не реже одного раза в 6 месяцев организация, эксплуатирующая оборудование под давлением, должна проводить дополнительную проверку рабочих манометров контрольным манометром с записью результатов в журнал контрольных проверок. При отсутствии контрольного манометра допускается дополнительную проверку производить поверенным рабочим манометром, имеющим с проверяемым манометром одинаковую шкалу и класс точности. Порядок и сроки проверки исправности манометров обслуживающим персоналом в процессе эксплуатации оборудования под давлением должен определяться инструкцией по эксплуатации.

Манометры не допускаются к применению в следующих случаях:

- если на манометре отсутствует пломба или клеймо с отметкой о проведении проверки;
- если истек срок поверки манометра;
- если стрелка манометра при его отключении не возвращается к нулевой отметке шкалы на величину, превышающую половину допускаемой погрешности для данного манометра;
- если разбито стекло или имеются другие повреждения манометра, которые могут отразиться на правильности его показаний.

Перед каждым манометром должны быть установлены трехходовой кран или другое аналогичное устройство для продувки, проверки и отключения манометра. В необходимых случаях манометр в зависимости от условий работы и свойств среды, находящейся в оборудовании под давлением, должен снабжаться или сифонной

трубкой, или масляным буфером, или другими устройствами, предохраняющими его от непосредственного воздействия среды и температуры и обеспечивающими его надежную работу. Манометры и соединяющие их с оборудованием под давлением трубопроводы должны быть защищены от замерзания.

Номинальный диаметр корпуса манометров, устанавливаемых на высоте до 2 м от уровня площадки наблюдения за ними, должен быть не менее 100 мм, на высоте от 2 до 3 м – не менее 160 мм. Установка манометров на высоте более 3 м от уровня площадки наблюдения не разрешается.

Вместо трехходового крана на сосудах, работающих под давлением выше 2,5 МПа или при температуре среды выше 250 °С, допускается установка отдельного штуцера с запорным органом для подсоединения второго манометра. Установка трехходового крана или заменяющего его устройства необязательна при наличии возможности проверки манометра в установленные сроки путем снятия его со стационарного сосуда.

При эксплуатации сосудов, работающих при изменяющейся температуре стенок, необходимо осуществление контроля соблюдения требований по допустимым скоростям прогрева и охлаждения сосудов, которые (при необходимости такого контроля) указывают в руководстве по эксплуатации.

При эксплуатации пружинного предохранительного клапана его пружина должна быть защищена от недопустимого нагрева (охлаждения) и непосредственного воздействия рабочей среды, если она оказывает вредное действие на материал пружины.

Установка манометра и предохранительного клапана не обязательна на сосуде, у которого расчетное давление равно или больше давления питающего источника и при условии, что в этом сосуде исключена возможность повышения давления от химической реакции или обогрева, в том числе пожара.

На подводящем трубопроводе сосуда, рассчитанного на давление меньшее, чем давление питающего источника, необходима установка автоматического редуцирующего устройства с манометром и предохранительным устройством, установленными на стороне меньшего давления после редуцирующего устройства. В случае установки обводной линии она также должна быть оснащена редуцирующим устройством. Допускается установка одного редуцирующего устройства

с манометром и предохранительным клапаном на общем для группы сосудов, работающих при одном и том же давлении, подводящем трубопроводе до первого ответвления к одному из сосудов. При этом установка предохранительных устройств на самих сосудах необязательна, если в них исключена возможность повышения давления.

Если вследствие физических свойств рабочей среды не обеспечивается надежная работа автоматического редуцирующего устройства, то допускается установка регулятора расхода и предусматривается защита от повышения давления.

В целях обеспечения безопасной работы сосудов следует защищать присоединительные трубопроводы предохранительных клапанов (подводящие, отводящие и дренажные) от замерзания в них рабочей среды. При установке на одном патрубке (трубопроводе) нескольких предохранительных устройств, площадь поперечного сечения патрубка (трубопровода) должна быть не менее 1,25 суммарной площади сечения клапанов, установленных на нем. При определении сечения присоединительных трубопроводов длиной более 1000 мм необходимо также учитывать величину их сопротивлений.

Среда, выходящая из предохранительных устройств, должна отводиться в безопасное место. Сбрасываемые токсичные, взрыво- и пожароопасные технологические среды должны направляться в закрытые системы для дальнейшей утилизации или в системы организованного сжигания. В случаях, обоснованных проектной документацией, допускается сброс нетоксичных взрыво- и пожароопасных сред в атмосферу через сбросные трубопроводы при условии, что их конструкция и места размещения обеспечивают взрыво- и пожаробезопасное рассеивание сбрасываемой среды с учетом обязательных для соблюдения требований ТНПА. Запрещается объединять сбросы, содержащие вещества, которые способны при смешивании образовывать взрывоопасные смеси или нестабильные соединения. Для обеспечения удаления конденсата отводящие трубопроводы предохранительных устройств и импульсные линии импульсных предохранительных клапанов должны оснащаться дренажными устройствами в местах возможного скопления конденсата. Из дренажных трубопроводов конденсат должен отводиться в безопасное место. Установка запорных органов или другой арматуры на дренажных трубопроводах не допускается.

Мембранные предохранительные устройства должны устанавливаться на патрубках или трубопроводах, непосредственно присоединенных к сосуду в местах, открытых и доступных для осмотра и монтажа-демонтажа. Мембраны должны размещаться только в предназначенных для них узлах крепления. Присоединительные трубопроводы должны быть защищены от замерзания в них рабочей среды. При установке мембранного предохранительного устройства последовательно с предохранительным клапаном (перед клапаном или за ним) полость между мембраной и клапаном должна сообщаться отводной трубкой с сигнальным манометром (для контроля исправности мембран). Допускается установка переключающего устройства перед мембранными предохранительными устройствами при наличии удвоенного числа мембранных устройств с обеспечением при этом защиты сосуда от превышения давления при любом положении переключающего устройства.

Порядок и сроки проверки исправности действия, ремонта и проверки настройки срабатывания на стенде предохранительных устройств в зависимости от условий технологического процесса должны быть указаны в инструкции по эксплуатации. Результаты проверки исправности предохранительных устройств записываются в сменный журнал, сведения об их настройке оформляются, в виде акта, лицом, выполняющим указанные операции.

При эксплуатации сосудов, имеющих границу раздела сред, у которых необходим контроль уровня жидкости, необходимо выполнение следующих требований:

- обеспечение хорошей видимости показаний указателя уровня жидкости;
- при возможности понижения уровня жидкости ниже допустимого на сосудах, обогреваемых пламенем или горячими газами, осуществление контроля уровня по двум указателям прямого действия;
- при оснащении сосуда несколькими указателями уровня по высоте размещение их таким образом, чтобы они обеспечили непрерывность показаний уровня жидкости;
- при проведении продувки указатели уровня, обеспечение отвода рабочей среды в безопасное место;
- на указателях уровня должно быть четкое обозначение допустимых верхнего и нижнего уровней жидкости, при соблюдении условия, что высота прозрачного указателя уровня жидкости должна

быть не менее чем на 25 мм, соответственно, ниже нижнего и выше верхнего допустимых уровней жидкости;

- применение защитного устройства для предохранения персонала от травмирования при разрыве применяемого на указателе уровня прозрачного элемента, выполненного из стекла или слюды;

- обеспечение надежного срабатывания звуковых, световых и других сигнализаторов и блокировок, установленных наряду с указателями уровня, предусмотренного проектом.

При отрицательной температуре окружающего воздуха пуск, остановка или испытание на герметичность сосудов, эксплуатируемых на открытом воздухе или в не отапливаемых помещениях, должны осуществляться в соответствии с установленным в инструкции по эксплуатации регламентом пуска в зимнее время, разработанным на основании требований руководства по эксплуатации и проектной документации. С учетом зависимости прочностных характеристик материала, из которого изготовлен сосуд, от температуры, а также минимальной температуры, при которой сталь (или иной материал) и сварные соединения данного сосуда допускаются для работы под давлением, регламент пуска в зимнее время сосуда (группы однотипных по конструкции сосудов, работающих в одинаковых условиях) должен определять:

- минимальные значения давления рабочей среды и температуры воздуха, при которых возможен пуск сосуда в работу;

- порядок (график) повышения давления (от минимального давления пуска до рабочего) в сосуде при пуске в работу и снижения – при остановке;

- допустимую скорость повышения температуры стенки сосуда при пуске в работу и снижения – при остановке.

Проведение ремонта сосудов и их элементов, в которых находится среда под избыточным давлением, не допускается. До начала ремонтных работ оборудование под давлением должно быть отсоединено от всех источников избыточного давления заглушками, если на них установлена фланцевая арматура. В случае, если арматура трубопроводов бесфланцевая, отключение должно производиться двумя запорными органами при наличии между ними дренажного устройства диаметром условного прохода не менее 32 мм, имеющего прямое соединение с атмосферой. Приводы задвижек, а также вентилей открытых дренажей должны быть заперты

на замок так, чтобы исключалась возможность ослабления их плотности при запертом замке. Ключи от замков должны храниться у ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию оборудования под давлением, если в организации не установлен другой порядок их хранения. В случае отсутствия возможности установки замков, должны быть предусмотрены иные мероприятия, исключающие возможность самопроизвольного или их ошибочного открытия (закрытия).

При работе внутри оборудования под давлением (внутренний осмотр, ремонт, чистка) должны применяться безопасные светильники на напряжение не выше 12 В, а при взрывоопасных средах – во взрывобезопасном исполнении. При необходимости должен быть произведен анализ воздушной среды на отсутствие вредных или других веществ, превышающих предельно допустимые концентрации и на содержание кислорода.

Толщину заглушек, применяемых для отключения оборудования под давлением, устанавливают, исходя из расчета на прочность. Заглушка должна иметь выступающую часть (хвостовик), по которой определяется ее наличие. При установке прокладок между фланцами и заглушкой прокладки должны быть без хвостовиков.

Допуск людей внутрь оборудования под давлением, а также открывание запорной арматуры после удаления из него людей должны быть произведены только по письменному разрешению (наряду-допуску), выдаваемому в порядке, установленном локальными нормативными правовыми актами эксплуатирующей организации.

В эксплуатирующих оборудование под давлением организациях должен вестись ремонтный журнал, в который за подписью лица, ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию оборудования под давлением, должны вноситься сведения о выполненных ремонтных работах, не вызывающих необходимости досрочного проведения технического освидетельствования. Замена труб, заклепок и подвальцовка соединений труб с барабанами, трубными досками и коллекторами должна отмечаться на схеме расположения труб (заклепок), прикладываемых к ремонтному журналу. В ремонтном журнале также отражаются результаты осмотра оборудования под давлением до чистки с указанием толщины отложения накипи и шлама и все дефекты, выявленные в период ремонта. Сведения о ремонтных работах, вызывающих

необходимость досрочного проведения технического освидетельствования, о материалах, использованных при ремонте, а также сведения о контроле качества сварки должны заноситься в паспорт оборудования под давлением.

Допуск персонала к самостоятельному обслуживанию оборудования под давлением должен оформляться приказом по организации, эксплуатирующей оборудование под давлением, или распоряжением по ее структурному подразделению, или записью в журнале регистрации инструктажа по охране труда.

### ***Общие требования к освидетельствованию, осмотрам и испытаниям***

Техническое освидетельствование сосуда осуществляется с целью оценки безопасности его эксплуатации и включает в себя наружный, внутренний осмотр и гидравлическое (пневматическое) испытание пробным давлением.

Пробным давлением называется избыточное давление, при котором производится испытание оборудования на прочность и плотность.

Техническое освидетельствование производится:

- после монтажа до пуска в работу;
- периодически в процессе эксплуатации;
- по требованию инспектора Госпромнадзора;
- после ремонта.

В результате наружного и внутреннего осмотра определяется действие среды на состояние стенок сосуда. Испытание пробным давлением производится с целью оценки прочности и плотности сосуда и его разъемных и неразъемных соединений. Технический осмотр проводится 1 раз в 5 лет. Если среда в аппарате коррозионно-активная, то 1 раз в 2 года или ежегодно.

### ***Периодичность технического осмотра***

Наружный и внутренний осмотр проводится:

- 1 раз в 2 года – комиссией предприятия;
- 1 раз в 4 года – инспектором Госпромнадзора.

Испытание пробным давлением проводится:

- 1 раз в 8 лет – комиссией предприятия и инспектором Госпромнадзора.

Испытание всех сосудов, за исключением литых, проводятся пробным давлением:

$$P_{\text{пр}} = 1,25P_x \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}, \quad (11.2)$$

где  $P_x$  – расчетное давление сосуда, МПа;

$[\sigma]_{20}$ ,  $[\sigma]_t$  – допускаемые напряжения для материала сосуда или его элементов соответственно при 20 °С и расчетной температуре, МПа.

Литые и кованные сосуды испытываются под давлением:

$$P_{\text{пр}} = 1,5P_x \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}. \quad (11.3)$$

Сосуд считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не обнаружено:

- видимых остаточных деформаций;
- трещин или признаков разрыва;
- течи в сварных, развальцованных, разъемных, заклепочных соединениях и в основном металле;
- падения давления по манометру.

Гидравлическое испытание сосудов с давлением не более 10 МПа разрешается заменять пневматическим испытанием (сжатым воздухом, инертным газом или смесью воздуха с инертным газом) при условии одновременного контроля методом акустической эмиссии.

Пробное давление при пневматическом испытании определяется по формуле

$$P_{\text{пр}} = 1,15P \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}, \quad (11.4)$$

где  $P$  – рабочее давление, МПа.

*Расчет емкостей и сосудов, работающих под давлением*

Расчет емкостей и сосудов, работающих под давлением, заключается в определении номинальной толщины стенки барабана или прямой камеры при номинальном наружном или номинальном

внутреннем диаметре, конечной температуре сжатого воздуха, мощности взрыва воздухосборника, а также в определении остаточного ресурса.

1. Номинальную толщину стенки барабана или прямой камеры рассчитывают по одной из следующих формул:

– при номинальном наружном диаметре:

$$S = \frac{P_p D_n}{2,04\phi\sigma_d + P_p} + C, \quad (11.5)$$

– при номинальном внутреннем диаметре:

$$S = \frac{P_p D_b}{2,04\phi\sigma_d - P_p} + C, \quad (11.6)$$

где  $S$  – толщина стенки, мм;

$P_p$  – расчетное давление внутри сосуда, МПа;

$D_n$  и  $D_b$  – номинальные наружный и внутренний диаметры барабана, камеры, трубы, мм;

$\phi$  – коэффициент прочности сварного шва: для углеродистой, низколегированной, марганцовистой, хромомолибденовой и аустенитной стали, для бесшовных труб  $\phi = 1$ ; для хромомолибденованадиевой и высокохромистой стали  $\phi = 0,8$ ; для углеродистой и низколегированной марганцовистой стали в зависимости от способа сварки – при автоматической двусторонней сварке под флюсом, контактной сварке, односторонней ручной и автоматической сварке под флюсом, электрошлаковой, ручной сварке в атмосфере углекислого газа и аргонодуговой сварке  $\phi = 0,85$ , при всех других видах ручной электрической и газовой сварки  $\phi = 0,7$ ;

$\sigma_d$  – нормальное допускаемое напряжение, МПа (см. табл. 11.2);

$C$  – прибавка к расчетной толщине стенки, мм: для барабанов и камер, свариваемых из листа или кованных с последующей механической обработкой при толщине листа не более 20 мм,  $C = 1$  мм; при толщине листа более 20 мм  $C = 0$  мм.

Таблица 11.2

Нормальные допускаемые напряжения  
в зависимости от температуры стенки емкости, сосуда

Расчетная температура стенки, °С	Значение $\sigma_d$ , МПа, для сталей					
	20, 20К	25	16ГС	12ХМ	Х17Н13ТМ3Т	12Х2МФА
200	144,1	161,7	181,3	144,1	143,1	137,2
250	129,4	144,1	161,7	142,1	122,5	126,4
300	116,6	129,4	149,9	138,2	117,6	124,5
350	103,9	113,7	131,3	134,3	113,7	120,5
400	90,2	98	110,7	122,5	108,8	117,6
450	62,7	66,6	81,3	94,1	104,9	114,7
500	33,3	33,3	–	33,3	101,9	78,4

2. Конечная температура сжатого воздуха определяется по формуле

$$T_2 = T_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}}, \quad (11.7)$$

где  $T_2$ ,  $T_1$  – абсолютная температура воздуха до сжатия, К;

$P_2$ ,  $P_1$  – абсолютное давление газа после и до сжатия, МПа;

$m$  – показатель политропы (для воздуха  $m = 1,41$ ).

3. Мощность взрыва воздухосборника, кВт, определяется по формуле

$$N = \frac{A}{102t}, \quad (11.8)$$

где  $A$  – работа, Дж:

$$A = \frac{VP_1}{m-1} \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} \right]. \quad (11.9)$$

Расчетные формулы пригодны при соблюдении следующих условий:

– для барабанов и камер, содержащих воду, пароводяную смесь или насыщенный пар:

$$\frac{S - C}{D_H} \leq 0,18 \quad \text{или} \quad \frac{S - C}{D_B} \leq 0,28; \quad (11.10)$$

– для камер, содержащих перегретый пар:

$$\frac{S - C}{D_H} \leq 0,28 \quad \text{или} \quad \frac{S - C}{D_B} \leq 0,64. \quad (11.11)$$

4. Остаточный ресурс аппарата, подвергающегося действию коррозии, определяется по формуле

$$T_k(T_3) = \frac{S_\phi - S_p}{a}, \quad (11.112)$$

где  $S_\phi$  – фактическая минимальная толщина стенки элемента, мм;

$S_p$  – расчетная толщина стенки элемента, мм;

$a$  – скорость равномерной коррозии, мм/год.

Формула (11.11) используется, если число замеров  $N$  толщины стенок за время эксплуатации сосуда не превышает 3.

Скорость равномерной коррозии  $a$  определяется следующим образом:

– если после проведения очередного обследования имеется только одно измерение контролируемого параметра  $S_\phi(t_1)$ , полученное при рассматриваемом обследовании, то скорость коррозии определяется по формуле

$$a = \frac{S_H + C_0 - S_\phi}{t_1}, \quad (11.13)$$

где  $S_H$  – исполнительная толщина стенки элемента, мм;

$C_0$  – плюсовой допуск на толщину стенки, мм;

$t_1$  – время от момента начала эксплуатации до момента обследования лет.

$$a = \frac{S_{\phi}(t_1) - S_{\phi}(t_2)}{(t_2 - t_1) K_1 K_2}, \quad (11.14)$$

где  $S_{\phi}(t_1)$ ,  $S_{\phi}(t_2)$  – фактическая толщина стенки, определенная при первом и втором обследованиях соответственно, мм;

$t_1$ ,  $t_2$  – время от начала момента эксплуатации до момента первого и второго обследования соответственно, мм;

$K_1 = 0,5-0,75$  – коэффициент, учитывающий отличие средней ожидаемой скорости коррозии от гарантированной скорости коррозии;

$K_2 = 0,75-1,0$  – коэффициент, учитывающий погрешность определения скорости коррозии по линейному закону, от скорости коррозии, рассчитанной по более точным (нелинейным) законам изменения контролируемого параметра.

### **Контрольные вопросы и задания по теме занятия**

1. Что представляют собой сосуды, работающие под давлением?
2. Какие установки относятся к установкам, работающим под давлением?
3. Перечислите возможные причины взрывов сосудов, работающих под давлением.
4. Какие требования предъявляются к конструкции сосудов, работающих под давлением?
5. Какие требования должны соблюдаться при эксплуатации сосудов, работающих под давлением?
6. Как определяется номинальная толщина стенок сосудов, работающих под давлением?
7. Как определяется остаточный ресурс аппарата, работающего под давлением, подвергающегося действию коррозии?

8. Провести расчеты, связанные с безопасностью сосудов, работающих под давлением. Задание состоит из 4 задач. Исходные данные представлены в табл. 11.3.

Таблица 11.3

Исходные данные

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_2$ , кПа	800	600	400	1200	1000	850	900	750	500
$V$ , м <sup>3</sup>	1,4	1,6	1,8	1,0	1,5	2,0	2,5	2,3	3,0
$S_\phi(t_1)$ , мм	3	4	5	3	4	5	3	4	5
$S_\phi(t_2)$ , мм	2,5	3,3	4,2	2,3	3,5	4,4	2,6	3,4	4,5

8.1. Компрессор подает воздух давлением  $P_2$ , кПа, при начальном давлении сжимаемого воздуха  $P_1 = 98$  кПа и температуре  $T_1 = 288$  К. В компрессоре применяется компрессорное масло марки 12 (М) с температурой вспышки не ниже  $216$  °С. Согласно правилам устройства и безопасной эксплуатации воздушных компрессоров и воздухопроводов разница между температурой вспышки масла и температурой сжатого воздуха должна быть не менее  $75$  °С. Определить температуру сжатого воздуха и сделать заключение о возможности эксплуатации компрессора без охлаждения (для решения использовать формулу (11.7)).

8.2. Воздухосборник компрессора имеет объем  $V$ , м<sup>3</sup>, и рассчитан на давление  $P_2$ , кПа. Определить мощность взрыва этого воздухосборника, принимая время действия взрыва  $t = 0,1$  с.  $P_1$  принять из условия предыдущей задачи (для решения использовать формулы (11.8, 11.9)).

8.3. Произошел взрыв баллона с ацетиленом. Определить, при каком давлении произошел взрыв баллона, если толщина стенки баллона  $S = 4$  мм, внутренний диаметр баллона  $D_b = 200$  мм, материал – сталь 20 (для решения использовать формулу (11.6), выразив из нее  $P$ ).

8.4. Определить остаточный ресурс сосуда, если после проведения очередного обследования имеются два измерения контролируемого параметра  $S_\phi(t_1)$ ,  $S_\phi(t_2)$ . Время от момента начала эксплуатации до первого и второго обследования, соответственно, 3 года и 7 лет. Принять  $S_p = 2$  мм,  $S_\phi = 3$  мм.

## Практическое занятие № 12

### РАСЧЕТ ВОДЯНОГО (ПАРОВОГО) И ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ

**Цель занятия:** изучить методику расчета водяного (парового) и воздушного отопления.

**Задачи занятия:**

1. Изучить особенности организации различных систем отопления.
2. Ознакомиться с общими требованиями к эксплуатации отопительных систем.
3. Изучить методику расчета водяного (парового) и воздушного отопления.
4. Овладеть практическими навыками расчета водяного (парового) и воздушного отопления.

**Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Произвести расчет водяного и воздушного отопления.
3. Оформить отчет и изложить письменно результаты расчетов.

### Общие положения

Отопление предназначено для поддержания нормируемой температуры воздуха в производственных помещениях в холодное время года. Кроме того, оно способствует лучшей сохранности зданий и оборудования, так как одновременно позволяет регулировать и влажность воздуха. С этой целью применяют различные системы отопления.

В холодный и переходный периоды года следует отапливать все здания и сооружения, в которых время пребывания людей превышает 2 ч, а также помещения, в которых поддержание температуры необходимо по технологическим условиям. Это требование не распространяется на помещения, где работа по условиям труда приравнивается к работе вне зданий, или в которых постоянное пребывание людей не обязательно (например, склады, кладовые и т. п.). В таких случаях

предусматриваются специальные устройства на рабочих местах или дополнительные помещения для обогрева работающих.

К системам отопления предъявляют следующие санитарно-гигиенические требования: равномерный прогрев воздуха помещений; возможность регулирования количества выделяемой теплоты и совмещения процессов отопления и вентиляции; отсутствие загрязнения воздуха помещений вредными выделениями и неприятными запахами; пожаро- и взрывобезопасность; удобство в эксплуатации и ремонте.

Отопление производственных помещений по радиусу действия бывает местное и центральное.

*Местное отопление* устраивают в одном или нескольких смежных помещениях площадью менее 500 м<sup>2</sup>. В системах такого отопления генератор теплоты, нагревательные приборы и теплоотдающие поверхности конструктивно объединены в одном устройстве. Воздух в этих системах чаще всего нагревается за счет использования теплоты сгорающего в печах топлива (дров, угля, торфа и т. д.). Значительно реже в качестве своеобразных отопительных приборов применяются полы или стеновые панели со встроенными электронагревательными элементами, а иногда – электрорадиаторы. Существуют также воздушные (основной элемент – калорифер) и газовые (при сжигании газа в отопительных приборах) системы местного отопления.

*Центральное отопление* по виду используемого теплоносителя может быть водяное, паровое, воздушное и комбинированное и др. Системы центрального отопления включают в себя генератор теплоты, нагревательные приборы, средства передачи теплоносителя (трубопроводы) и средства обеспечения работоспособности (запорная арматура, предохранительные клапаны, манометры и пр.). Как правило, в таких системах теплота вырабатывается за пределами отапливаемых помещений.

Системы отопления должны компенсировать теплопотери через строительные ограждения, расход теплоты на нагрев нагнетаемого холодного воздуха, поступающих извне сырья, машин, оборудования и на технологические нужды.

Водяное отопление, как наиболее простое и безопасное в эксплуатации, чаще всего применяют для сельскохозяйственных производственных помещений.

Находит широкое применение и воздушное отопление. Сущность воздушного отопления состоит в том, что подогретый в калорифере воздух выпускается в помещение непосредственно через систему воздуховодов вентиляционной установки.

В качестве генераторов тепла в системах воздушного отопления используют теплообменные аппараты – калориферы, предназначенные для нагрева воздуха в системах вентиляции, воздушного отопления, воздушных и тепловых завес.

Системы отопления классифицируют по виду используемого теплоносителя, способу перемещения теплоносителя и месту расположения источника теплоты (табл. 12.1).

Таблица 12.1

Классификация систем отопления по виду теплоносителя

Вид теплоносителя	Способ перемещения теплоносителя	Место расположения источника теплоты	Примечание
Водяной	С принудительным побуждением	Центральное местное	Двух- и однотрубные
	С естественным побуждением	Местное	
Паровой	Низкого давления	–	С самотечным возвратом конденсата
	Высокого давления	–	С конденсатным баком и насосом
Воздушный	Совместные с вентиляцией	–	Прямоточные
	Рециркуляционные	–	–
Печной (огневоздушный)	С естественным побуждением	Местные печи умеренного прогрева, повышенного прогрева, непрерывного горения, отопительно-варочные	Топливо – торф, дрова
Радиационные	С естественным побуждением	Местные лучистые отопители	Топливо – газ
Электрический	С промежуточным теплоносителем (вода, специальная жидкость, воздух)	Местное	–
	С непрерывным обогревом помещения	Местное	–

### *Эксплуатация систем отопления*

При эксплуатации системы водяного отопления должны быть обеспечены:

- равномерный прогрев всех нагревательных приборов;
- температура обратной сетевой воды, возвращаемой из системы, не более чем на 5 % выше значения, установленного температурным графиком при соответствующей температуре наружного воздуха;
- залив верхних точек системы;
- давление в системе, не превышающее допустимое значение для нагревательных приборов и трубопроводов системы;
- среднечасовая утечка теплоносителя из местной системы отопления, не превышающая 0,25 % объема воды в ней;
- коэффициент смешения на элеваторном узле – не менее расчетного значения.

При эксплуатации систем парового отопления должны быть обеспечены:

- равномерный прогрев всех нагревательных приборов;
- полная конденсация пара, поступающего в нагревательные приборы, исключение его пролета;
- полный возврат конденсата из системы.

Максимальная температура поверхности отопительных приборов должна соответствовать назначению отапливаемого помещения и санитарным нормам.

Отопительные приборы должны иметь краны, вентили или регуляторы для регулирования теплоотдачи.

К отопительным приборам должен быть обеспечен свободный доступ.

Арматура должна устанавливаться в местах, доступных для обслуживания и ремонта.

Отопительные приборы и трубопроводы к ним должны быть окрашены масляной краской. В помещениях, где происходит выделение паров или газов, окисляющих железо, краска должна быть кислотоупорной, а в помещениях с повышенной влажностью отопительные приборы и трубопроводы к ним должны быть покрыты краской дважды.

Заполнение и подпитка независимых систем водяного отопления должны производиться умягченной деаэрированной водой из тепловых сетей.

В процессе эксплуатации систем отопления следует:

- осматривать элементы систем, скрытых от постоянного наблюдения, не реже 1 раза в месяц;
- осматривать наиболее ответственные элементы системы (насосы, запорную арматуру, контрольно-измерительные приборы (КИП) и автоматические устройства) не реже 1 раза в неделю;
- удалять воздух из системы отопления согласно инструкции по эксплуатации;
- очищать наружную поверхность нагревательных приборов от пыли и грязи не реже 1 раза в неделю;
- промывать грязевики;
- устанавливать сроки промывки грязевиков в зависимости от степени загрязнения, которая определяется по разности показаний манометров до и после грязевика;
- вести ежедневный контроль температуры и давления теплоносителя, прогрева отопительных приборов и температуры внутри помещений в контрольных точках, а также утепления отапливаемых помещений (состояние фрамуг, окон, дверей, ворот, ограждающих конструкций и др.).

При эксплуатации систем вентиляции и воздушного отопления калориферные установки систем приточной вентиляции и воздушного отопления должны обеспечивать заданную температуру воздуха внутри помещения при расчетной температуре наружного воздуха и температуру обратной сетевой воды в соответствии с температурным графиком путем автоматического регулирования.

При отключении вентилятора должна включаться автоматическая блокировка, обеспечивающая минимальную подачу теплоносителя для исключения замораживания трубок калориферов.

Устройство камер воздушного отопления и приточной вентиляции должно обеспечить полную герметичность в соединениях между секциями калорифера и между калориферами, вентиляторами и наружными ограждениями, а также плотность закрытия обводных каналов, работающих при переходных режимах.

Калориферы в установках воздушного отопления и приточной вентиляции при подсоединении к паровым тепловым сетям включаются параллельно, а при теплоснабжении от водяных тепловых сетей – как правило, последовательно или параллельно-последовательно, что должно быть обосновано в проекте установки.

В калориферных установках, присоединяемых к водяным сетям, должен осуществляться противоток сетевой воды по отношению к воздушному потоку.

Каждая калориферная установка должна быть снабжена отключающей арматурой на входе и выходе теплоносителя, гильзами для термометров на подающем и обратном трубопроводах, а также воздушниками в верхних точках и дренажными устройствами в нижних точках обвязки калориферов.

Калориферные установки, работающие на паре, должны быть оборудованы конденсатоотводчиками.

Приточные камеры систем вентиляции должны иметь искусственное освещение. К установленному оборудованию должны быть свободные проходы шириной не менее 0,7 м для обслуживания и ремонта. Двери камер (люков) должны быть уплотнены и запираются на замок.

Заслонки и дроссельные клапаны регулирования расхода воздуха должны легко открываться и закрываться. Они должны размещаться на участках воздухопроводов, доступных для обслуживания. При невозможности обеспечить свободный подход к заслонкам и клапанам должен быть предусмотрен дистанционный привод.

Каждый привод должен иметь сектор с указателем промежуточных и конечных положений клапана. Для распределения воздуха по отдельным ответвлениям воздухопроводной сети должны устанавливаться шиберы.

Створки в фонарях и окнах, через которые регулируется аэрация, расположенные выше 3 м от пола, должны снабжаться групповыми регулировочными механизмами с ручным или электрическим приводом.

Все воздухопроводы должны быть окрашены масляной краской. Окраска должна систематически восстанавливаться.

Перед приемкой в эксплуатацию после монтажа, реконструкции, а также в сроки, указанные в утвержденном годовом графике, системы воздушного отопления и приточной вентиляции должны подвергаться испытаниям, определяющим эффективность работы установок и соответствие их паспортным и проектным данным.

В процессе испытаний должны определяться:

- производительность, полный и статический напор вентиляторов;
- частота вращения вентиляторов и электродвигателей;

- установленная мощность и фактическая нагрузка электродвигателей;
- распределение объемов воздуха и напоры по отдельным ответвлениям воздуховодов, а также в концевых точках всех участков;
- температура и относительная влажность приточного и удаляемого воздуха;
- производительность калориферов по теплоте;
- температура обратной сетевой воды после калориферов при расчетном расходе, температура сетевой воды в подающем трубопроводе, и ее соответствие температурному графику;
- гидравлическое сопротивление калориферов при расчетном расходе теплоносителя;
- температура и влажность воздуха до и после увлажнительных камер;
- коэффициент улавливания фильтров;
- наличие подсоса или утечки воздуха в отдельных элементах установки (воздуховодах, фланцах, камерах, фильтрах и т. п.).

Испытание должно производиться при расчетной нагрузке по воздуху, при температурах теплоносителя, соответствующих наружной температуре.

Перед началом испытания должны быть устранены дефекты, обнаруженные при осмотре.

Недостатки, выявленные во время испытания и наладки вентиляционных систем, должны быть внесены в журнал дефектов и отказов и в последующем устранены.

На каждую приточную вентиляционную установку, систему воздушного отопления должен быть составлен паспорт с технической характеристикой и схемой установки.

Изменения, произведенные в установках, а также результаты испытаний должны фиксироваться в паспорте.

Не реже 1 раза в неделю эксплуатационный персонал должен тщательно осматривать оборудование систем воздушного отопления и вентиляции с проверкой соответствия притока и вытяжки заданному режиму, положения заслонок подогрева воздуха в калориферах, температуры обратной сетевой воды, состояния теплопроводов и т. д. Обход установок дежурным слесарем должен производиться ежедневно.

Порядок включения и отключения вентиляционных установок определяется инструкцией по эксплуатации.

Ремонт вентиляционных установок, связанных с технологическим процессом, должен производиться одновременно с ремонтом технологического оборудования.

Наружные поверхности калориферов воздушного отопления и приточной вентиляции в период эксплуатации должны продуваться сжатым воздухом или паром. Периодичность продувки определяется инструкцией по эксплуатации. Продувка перед отопительным сезоном обязательна.

Во время эксплуатации следует периодически проверять степень запыленности воздушных фильтров и очищать их (регенерировать).

На летний период во избежание засорения все калориферы со стороны подвода воздуха должны закрываться.

Очистка воздухопроводов от пыли должна осуществляться не реже 2 раз в год, если по условиям эксплуатации не требуется более частая их очистка. Защитные сетки и жалюзи перед вентиляторами должны очищаться от пыли и грязи не реже 1 раза в квартал.

Металлические воздухоприемные и выходные шахты, а также наружные жалюзийные решетки должны иметь антикоррозийные покрытия, которые необходимо ежегодно проверять и восстанавливать.

### ***Нарушения в работе систем отопления***

Основной задачей систем отопления является поддержание оптимальных (в пределах определенных значений) условий теплового комфорта в помещениях при минимуме энергетических затрат. В ходе работы систем отопления допускаются непродолжительные по времени отклонения значений параметров микроклимата в помещениях (температуры внутреннего воздуха, радиационной и результирующей температуры) от оптимальных значений. При этом нарушением в работе системы, считается такое состояние, когда эти отклонения выходят за пределы допустимых значений.

Нарушениями в работе систем отопления считаются и случаи, когда обеспечение оптимальных параметров микроклимата в здании осуществляется при завышенных энергетических затратах, или температура обратной воды повышена.

Нарушения в системах отопления условно разделяются на две взаимосвязанные группы: механические повреждения; технологические нарушения.

Механические повреждения могут привести к аварийным ситуациям (невозможность функционирования системы), вызывать снижение эксплуатационных качеств (например, невозможность

отключения отдельного стояка в ходе ремонта), а также могут приводить к технологическим нарушениям в работе систем.

Технологические нарушения могут быть вызваны не только механическими повреждениями, но и рядом других факторов. К внешним факторам относятся:

- несоответствие термического сопротивления ограждения здания или его отдельных частей требуемым (проектным, нормативным) значениям;

- увеличение тепловых потерь и (или) инфильтрации наружного воздуха из-за ухудшения теплотехнических свойств ограждений вследствие физического износа ограждающих (теплоизоляционных) конструкций или несоблюдения правил технической эксплуатации зданий (неподготовленность здания к зиме и др.);

- несоблюдение правил и технологии технического обслуживания систем отопления при эксплуатации (завоздушивание, длительная эксплуатация систем без промывки и др.);

- отсутствие наладки или разрегулировка в ходе длительной эксплуатации самой системы отопления и (или) узла смещения на вводе в здание;

- несоблюдение условий нормальной эксплуатации отопительных приборов;

- отсутствие средств автоматизации на вводе в здание и в самой системе отопления, позволяющих корректировать теплоотдачу отопительных приборов при изменении условий теплового баланса в помещениях.

Кроме выше перечисленных внешних факторов, технологические нарушения в работе систем отопления могут быть вызваны:

- несоблюдением графика регулирования температур теплоносителя в тепловой сети;

- занижением как перепада давлений (расхода воды) на вводе тепловой сети, так и напора в обратной магистрали (возникновение опасности опорожнения системы).

### ***Расчет систем отопления***

#### ***Расчет водяного (парового) отопления***

Потери теплоты (кДж/с) через наружные ограждения зданий можно определить с использованием укрупненного показателя – удельной характеристики по следующей формуле:

$$Q_o = 10^3 q_o V_n (t_b - t_n) a, \quad (12.1)$$

где  $q_o$  – удельная отопительная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С), принимаемая по табл. 12.2;

$V_n$  – наружный объем всего здания или его отапливаемой части, м<sup>3</sup>;

$t_b$  – расчетная температура внутреннего воздуха в помещении (табл. 12.3);

$t_n$  – расчетное значение температуры наружного воздуха (табл. 12.4);

$a$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние местных климатических условий на удельную отопительную характеристику:

$$a = 0,54 + \frac{22}{t_b - t_n}. \quad (12.2)$$

Дополнительные потери теплоты на инфильтрацию воздуха через притворы фрагм окон, дверей и ворот в производственных помещениях:

$$Q_{ин} = 0,3Q_o. \quad (12.3)$$

Таблица 12.2

Удельные тепловые характеристики зданий различного назначения

Здание	Объем здания, тыс. м <sup>3</sup>	Удельные тепловые характеристики, Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	
		отопительная $q_o$	вентиляционная $q_b$
Ремонтные мастерские	5–10	0,7–0,6	0,23–0,17
Бытовые и административные помещения	0,5–1,0	0,7–0,52	Не учитывают
	1–2	0,52–0,47	
Малозэтажные жилые и общественные здания	≤ 0,3	0,87	Не учитывают
	0,5	0,76	
	0,8	0,64	
	1	0,58	
Административные здания	≤ 5	0,5	0,1
	10	0,44	0,09
Столовые	≤ 5	0,41	0,81

Таблица 12.3

Расчетные значения температуры воздуха в помещении

Характеристика помещения	Категория работ	Оптимальные значения температуры воздуха на рабочих местах или в обслуживаемой зоне, °С		Допустимые значения температуры воздуха вне рабочих мест, °С	
		Холодный период года	Теплый период года	Холодный период года	Теплый период года
Производственные помещения с незначительными избытками явной теплоты [ $\leq 23,26$ Дж/(м <sup>3</sup> ·с)]	Легкая	18–21	22–25	15–20	$t_B - t_B + 3$
	Средней тяжести	16–18	20–23	13–15	$t_B - t_B + 3$
	Тяжелая	14–16	17–20	12–14	$t_B - t_B + 3$
Производственные помещения со значительными избытками явной теплоты [ $> 23,26$ Дж/(м <sup>3</sup> ·с)]	Легкая	14–16	17–20	15–26	$t_B - t_B + 5$
	Средней тяжести	18–21	22–25	15–24	$t_B - t_B + 5$
	Тяжелая	16–18	20–23	12–19	$t_B - t_B + 5$
Помещения в общественных и жилых зданиях	–	14–16 19–21	17–20 22–25	12–19 –	$t_B - t_B + 5$

Таблица 12.4

Расчетные значения температуры наружного воздуха

Населенный пункт	Расчетные значения температуры, °С		
	для проектирования отопления	проектирования вентиляции	
		в холодный период года	теплый период года
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Гомель	–25	–14	28,6
Витебск	–32	–21	21,1
Чериков	–35	–23	22,6
Старые Дороги	–29	–18	24
Полоцк	–31	–19	21,8
Бобруйск	–28	–16	21,3

1	2	3	4
Гродно	-25	-13	23,4
Мозырь	-26	-15	21,4
Вилейка	-28	-17	21,6
Костюковичи	-39	-24	23
Дубровно	-29	-18	24,2
Брест	-24	-12	20,3
Минск	-28	-17	25,7
Лепель	-29	-18	23,8
Могилев	-31	-19	23,4
Быхов	-32	-21	22,8
Горки	-27	-15	21,6

Количество теплоты, расходуемое на нагрев наружного воздуха, подаваемого системами вентиляции:

$$Q_B = 10^{-3} q_B V_H (t_B - t_H), \quad (12.4)$$

где  $q_B$  – удельный расход теплоты на нагрев  $1 \text{ м}^3$  воздуха, Вт/( $\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ ) (см. табл. 12.2). Расходы теплоты на вентиляцию жилых зданий, бытовых и административных помещений включены в их удельные отопительные характеристики и отдельно не учитываются;

$t_H$  – расчетное значение температуры наружного воздуха для проектирования вентиляции (табл. 12.4).

Потери теплоты от поглощения его ввозимыми в помещение материалами и оборудованием:

$$Q_M = \frac{K_M G (t_B - t_{HM})}{3600 \tau_M}, \quad (12.5)$$

где  $K_M$  – массовая теплоемкость материалов и оборудования, кДж/(кг  $^\circ\text{C}$ ): для железа  $K_M = 0,48$ ; дерева –  $2,52$ – $2,80$ ; для воды  $K_M = 4,19$ ;

$G$  – масса ввозимых в помещения материалов или оборудования, кг;

$t_{\text{нм}}$  – значения температуры ввозимых в помещение материалов или оборудования, °С: для металлов  $t_{\text{нм}} = t_{\text{н}}$ ; для насыпных материалов  $t_{\text{нм}} = t_{\text{н}} + 10$ ; для сыпучих материалов  $t_{\text{нм}} = t_{\text{н}} + 20$ ;

$\tau_{\text{м}}$  – время нагрева материалов или оборудования до температуры помещения, ч.

Количество теплоты, кДж/с, на технологические нужды определяют через расход горячей воды или пара:

$$Q_{\text{г}} = \frac{Q}{3600} \left( i - \frac{P}{100} i_{\text{в}} \right), \quad (12.6)$$

где  $Q$  – расход воды или пара, кг/ч;

$i$  – теплосодержание воды или пара, кДж/кг (табл. 12.5);

$P$  – количество возвращаемого конденсата, %: при полном возврате конденсата  $P = 70$  %, при отсутствии конденсата в системе отопления  $P = 0$ ;

$i_{\text{в}}$  – теплосодержание возвращаемого в котел конденсата, кДж/кг.

Таблица 12.5

Давление и теплосодержание пара

Давление, кПа	Температура, °С	Теплосодержание $i$ , кДж/кг	
		вода	пар
1	2	3	4
9,81	101,8	426	2680
19,62	104,2	438	2681
29,43	106,6	447	2688
39,24	108,7	456	2690
49,05	110,8	465	2694
60,86	112,7	474	2698
70,57	115,0	481	2700
98,1	119,6	508	2708

1	2	3	4
196,2	132,9	555	2728
490,5	158,1	664	2760
981	183,2	765	2785
1275,3	194,1	822	2793

В ремонтных предприятиях количество теплоты для технологических и коммунально-бытовых нужд согласно скорректированным данным типовых проектов можно принять равным 168–182 Дж на одного работающего.

Источником теплоты в помещениях часто является технологическое оборудование.

Количество теплоты, выделяемое механическим оборудованием, приводимым в действие электродвигателями:

$$Q_{об} = NK_3K_0K_T, \quad (12.7)$$

где  $N$  – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

$K_3 = 0,5–0,9$  – коэффициент загрузки электродвигателя;

$K_0 = 0,5–1$  – коэффициент одновременности работы оборудования;

$K_T = 0,1–1$  – коэффициент, учитывающий долю энергии, переходящую в теплоту: например, для насосов и вентиляторов  $K_T = 0,1–0,3$ ; для металлорежущих станков  $K_T = 1$ .

Для приближенного определения количества теплоты, выделяемой в механических и механосборочных цехах, можно принять  $K_3K_0K_T = 0,25$ .

Теплота, поступающая в помещение от электродвигателей:

$$Q_{об} = NK_3K_0 \frac{1-\eta}{\eta}, \quad (12.8)$$

где  $\eta$  – КПД электродвигателя по каталогу (обычно  $\eta = 0,75–0,92$ ).

Количество теплоты от источников искусственного освещения определяют по суммарной мощности светильников

$$Q_{oc} = N_{oc} \eta_o, \quad (12.9)$$

где  $N_{oc}$  – суммарная мощность установленных в помещении светильников, кВт;

$\eta_o = 0,92-0,97$  – коэффициент перехода электрической энергии в тепловую для открытых ламп накаливания. В случае нахождения ламп внутри осветительной арматуры (за стеклом, рассеивателем и т. п.)  $\eta_o$  для люминесцентных ламп равно 0,15, для ламп накаливания – 0,45.

Количество теплоты, выделяемое нагретыми поверхностями:

$$Q_{\Pi} = Q_{\Pi O} + Q_{\Pi B} + Q_{\Pi Г}, \quad (12.10)$$

где  $Q_{\Pi O}$  – количество теплоты, выделяемое нагретыми поверхностями оборудования, трубопроводов, кДж/с;

$Q_{\Pi B}$  – суммарные выделения теплоты от вертикальных поверхностей, Вт;

$Q_{\Pi Г}$  – суммарные выделения теплоты от горизонтальных поверхностей, Вт.

Количество теплоты, выделяемое нагретыми поверхностями оборудования, трубопроводов:

$$Q_{\Pi O} = \sum 10^{-3} S_i \alpha_i (t_{\text{нп}i} - t_{\text{в}}), \quad (12.11)$$

где  $\sum S_i$  – суммарная площадь нагретых поверхностей, м<sup>2</sup>;

$\alpha_i$  – коэффициент теплопередачи  $i$ -й поверхности, Вт/(м<sup>2</sup> °С):  
для вертикальных поверхностей при  $(t_{\text{нп}} - t_{\text{в}}) < 5$  °С  
 $\alpha = 3,8-4,1$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С); при  $(t_{\text{нп}} - t_{\text{в}}) > 5$  °С  $\alpha = 5,2-7,5$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$t_{\text{нп}i}$  – значения температуры нагрева  $i$ -й поверхности.

Суммарные выделения теплоты (конвекцией и лучеиспусканием) от нагретых поверхностей производственного оборудования и машин, не имеющих наклонных или сферических поверхностей, определяют по формулам:

– для вертикальных поверхностей:

$$Q_{\text{ПВ}} = 1,16 \cdot 10^{-3} F_{\text{в}} \left\{ 2,2 \Delta T^4 \sqrt{\Delta T} + 3,4 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \right\}; \quad (12.12)$$

– для горизонтальных поверхностей:

$$Q_{\text{ПВ}} = 1,16 \cdot 10^{-3} F_{\text{г}} \left\{ 2,8 \Delta T^4 \sqrt{\Delta T} + 3,4 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \right\}, \quad (12.13)$$

где  $F_{\text{в}}, F_{\text{г}}$  – соответственно, площадь вертикальных и горизонтальных нагретых поверхностей оборудования, м<sup>2</sup>;

$\Delta T$  – разность значений температуры нагретой поверхности и воздуха помещения, К;

$T_1$  – значения температуры нагретой поверхности, К;

$T_2$  – значения температуры поверхности стен внутри помещения, К; обычно принимается на 3–5 К ниже температуры воздуха.

Когда значение температуры нагретых поверхностей не превышает 323 К, излучение мало, поэтому учитывают только теплоту, поступающую за счет конвекции.

При этом:

– для вертикальных поверхностей:

$$Q_{\text{ПВ}} = 2,552 \cdot 10^{-3} F_{\text{в}} \Delta T^4 \sqrt{\Delta T}; \quad (12.14)$$

– для горизонтальных поверхностей:

$$Q_{\text{ПВ}} = 3,248 \cdot 10^{-3} F_{\text{г}} \Delta T^4 \sqrt{\Delta T}. \quad (12.15)$$

Количество теплоты, выделяемой людьми, зависит от тяжести выполняемой ими работы и температуры в помещении:

$$Q_{\text{л}} = 10^{-3} n g_{\text{я}}, \quad (12.16)$$

где  $n$  – численность работающих в помещении;

$g_{\text{я}}$  – явное количество теплоты, выделяемое одним человеком (табл. 12.6).

Таблица 12.6

Средние данные о поступлениях явной теплоты от взрослых мужчин

Нагрузка	Температура воздуха в помещении, °С				
	15	20	25	30	35
Состояние покоя	116	87	58	40	16
Легкая работа	122	99	64	40	8
Работа средней тяжести	133	104	70	40	8
Тяжелая работа	162	128	93	52	16

Тепловая мощность отопительной системы

$$\sum Q = Q_0 + Q_{\text{ин}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{м}} + Q_{\text{т}} - Q_{\text{об}} - Q_3 - Q_{\text{ос}} - Q_{\text{п}} - Q_{\text{л}}. \quad (12.17)$$

Тепловую мощность  $P_{\text{к}}$  котельной установки принимают на 10–15 % больше  $\sum Q$  с учетом расхода теплоты на собственные нужды котельной и теплопотерь в сетях:

$$P_{\text{к}} = (1,1 - 1,15) \sum Q. \quad (12.18)$$

По полученному значению  $P_{\text{к}}$  подбирают тип и марку котла (табл. 12.7, 12.8). Рекомендуется устанавливать однотипные котельные агрегаты одинаковой тепловой мощности. Число стальных агрегатов должно быть не менее 2 и не более 4, чугунных – не более 6. Следует учитывать, что при выходе из строя одного из агрегатов оставшиеся должны обеспечить 75–80 % расчетной тепловой мощности котельной установки.

Таблица 12.7

## Технические характеристики водогрейных котлов

Марка котла	Конструктивная особенность	Тепловая мощность, кВт	Температура нагрева воды, °С	Рабочее избыточное давление, кПа
КЧ-1	Чугунный секционный	81,5–232	95	589
КЧ-2	Чугунный секционный	328–1300	115	491
КЧ-3		652–1815	115	589
КЧММ	Чугунный секционный, малометражный	11,63	95	196
КЧММ-2		10,5–17,5	95	196
КЧМ-1		16,3–46,5	95	196
КЧМ-2		19,8–52,3	95	196
НР-18	Стальной, с площадью поверхности нагрева 27 м <sup>2</sup>	314–377	115	491
	Стальной, с площадью поверхности нагрева 40 м <sup>2</sup>	465–558	115	491
	Стальной, с площадью поверхности нагрева 53 м <sup>2</sup>	616–740	115	491
ТВГ-4	Стальной	5000	150	1275
ТВГ-8		9650	150	1275

Таблица 12.8

## Технические характеристики паровых котлов

Марка котла	Производительность по пару, кг/ч	Тепловая мощность, кВт	Температура нагрева воды, °С	Избыточное рабочее давление, кПа
КВ-300 М	400	298	130	68,7
Д-721А	900	668	115	68,7
МЗК-8Г (Е-0,4-9Г)	400	277	174,5	785
МЗК-7Г (Е-1,0-9Г)	1000	692	174,5	785
ДКВР-2,5-13	2500	1750	194,1	1275
ДКВР-4-13	4000	2910	194,1	1275
ДКВР-6,5-13	6500	4880	194,1	1275
ДКВР-10-13	10 000	7560	194,1	1275
ДКВР-10-13-250	10 000	7560	250	1275

Затем находят общую площадь поверхности нагревательных приборов, м<sup>2</sup>:

$$\sum F = \frac{\sum 10^3 Q}{K \left[ \frac{t_y + t_x}{2} - t_b \right]}, \quad (12.19)$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи стенками нагревательных приборов в воздухе, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемый по табл. 12.9.

$t_y$  – значения температуры воды или пара на входе в нагревательный прибор: для водяных радиаторов низкого давления – 85–95 °С, высокого давления – 120–125 °С, для паровых радиаторов – 110–115 °С;

$t_x$  – значения температуры воды или пара на выходе из нагревательного прибора: для водяных радиаторов низкого давления – 65–75 °С, для водяных и паровых радиаторов высокого давления – 95 °С.

Таблица 12.9

Значения коэффициентов теплопередачи  
открыто установленных отопительных приборов

Нагревательный прибор	Значение коэффициента теплопередачи $K$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)							
	при разности значений средней температуры воды в приборе и температуры воздуха помещения, °С					избыточном давлении пара, кПа		
	40–50	50–60	60–70	70–80	>80	≤68,7	98,1	>98,1
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
Чугунный радиатор М-140	8,5	9,2	9,5	9,9	10	10,4	–	–
Чугунный радиатор М-140АО	8,1	8,8	9,2	9,5	9,6	10	–	–
Чугунные трубы с круглыми ребрами:								
одна труба	5,2	5,2	5,8	5,8	5,8	7	7,5	7,8
две трубы (одна над другой)	4,7	4,9	5,3	5,3	5,3	5,8	6,3	6,5
три трубы (одна над другой)	4,1	4,7	4,7	4,7	4,7	5,3	5,6	5,8

Окончание таблицы 12.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Одна стальная труба диаметром, мм:								
≤ 32	12,8	13,4	14	14,6	14,6	15,2	16,2	17
32–108	11,1	11,6	12,2	12,8	13,4	14	14,9	15,6
133–159	11,1	11,6	12,2	12,2	12,2	13,4	14,3	15
Несколько стальных труб (одна над другой) диаметром, мм:								
≤ 32	11,6	11,6	12,8	12,8	13,4	14,6	15,6	16,3
> 32	9,3	9,6	10,5	10,5	10,5	12,8	13,8	14,4

По известной площади  $\Sigma F$  определяют требуемое число нагревательных приборов

$$n = \sum \frac{F}{f}, \quad (12.20)$$

где  $f$  – площадь поверхности одного нагревательного прибора,  $\text{м}^2$  (табл. 12.10).

Таблица 12.10

Значение площадей поверхностей нагревательных приборов различных типов

Тип нагревательного прибора	Площадь поверхности, $\text{м}^2$	Тип нагревательного прибора	Площадь поверхности, $\text{м}^2$
Чугунные секционные радиаторы			
М-140	0,254	РД-26	0,205
М-140АО	0,299	РД-90	0,203
М-140АО-300	0,170		
Стальные штампованные радиаторы			
МЗ-500-2	0,96	МЗ-500-3	1,2
МЗ-500-1	0,64		
Конвекторы плинтусного типа с оребренной трубой диаметром 15 мм			
15КП-1,0	0,73	15КП-1,5	1,14
15КП-1,25	0,93		
Чугунные ребристые трубы с круглыми ребрами			
диаметром, мм		диаметром, мм	
500	1	1000	2
710	1,5	1500	3

Количество топлива, кг, требуемое на отопительный период года, ориентировочно подсчитывают по формуле

$$G_T = g_y V_{\Pi} (t_b - t_n) K_{з.н}, \quad (12.21)$$

где  $g_y$  – годовой расход условного топлива (табл. 12.11) для повышения температуры на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  в  $1\text{ м}^3$  воздуха отапливаемого помещения,  $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ;

$V_{\Pi}$  – объем помещения,  $\text{м}^3$ ;

$K_{з.н} = 1,1\text{--}1,2$  – коэффициент запаса на неучтенные расходы теплоты.

Таблица 12.11

Годовой расход условного топлива в зависимости от объема зданий

Объем здания, $\text{м}^3$	Значения $g_y$ , $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$
До 1000	0,32
1000–5000	0,245
5000–10 000	0,215
10 000–20 000	0,2

Для перевода условного топлива в натуральное следует использовать коэффициенты, приведенные в табл. 12.12.

Таблица 12.12

Коэффициенты перевода условного топлива в натуральное

Топливо	Теплопроизводительность, $\text{МДж}/\text{кг}$	Коэффициент перевода
Условное топливо	29,4	1
Антрацит	30,13	0,976
Дизельное топливо	42	0,7
Бурый уголь	12,55	2,34
Торф	11,1	2,65
Природный газ	44	0,668
Мазут	41,86	0,702
Дрова среднего качества	5,44	5,404
Дрова сухие хорошего качества	10	2,94

### ***Расчет воздушного отопления***

Сначала определяют расход теплоты на нагрев воздуха внутри помещения. Для помещений без выделений вредных веществ или при их концентрации, не превышающей ПДК, расход теплоты

$$Q_b = 0,278G_b c \rho_k (t_k - t_b), \quad (12.22)$$

где  $G_b$  – часовой объем нагреваемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$c$  – удельная теплоемкость воздуха:  $c = 1$  кДж/(кг·°С);

$\rho_k$  – плотность воздуха при его температуре, достигнутой после прохождения калорифера, кг/м<sup>3</sup>;

$t_k$  – значения температуры выходящего из калорифера воздуха, °С:  $t_k = t_b + (5-8)$  °С;

$t_b$  – расчетные значения температуры внутреннего воздуха, °С.

Для помещений, в которых концентрация вредных веществ превышает ПДК или выделяется значительное количество водяных паров:

$$Q_b = 0,278G_n c \rho_b (t_b - t_n), \quad (12.23)$$

где  $G_n$  – часовой объем наружного нагреваемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho_b$  – плотность воздуха помещения при его расчетной температуре  $t_b$  (если в помещении имеются источники выделения теплоты, то  $t_b$  снижают на 5–8 °С);

$t_n$  – значения температуры наружного воздуха на входе в калорифер, °С. Для районов с температурой наиболее холодной пятидневки –10 °С и ниже величину  $t_n$  принимают равной расчетной отопительной температуре, для остальных районов  $t_n$  принимают равной расчетной зимней вентиляционной температуре.

Для помещений, в которых выделяются вредные вещества или водяные пары при частичной рециркуляции воздуха:

$$Q_b = 0,278c \left[ G_n \rho_b (t_b - t_n) + G_p \rho_k (t_k - t_b) \right], \quad (12.24)$$

где  $G_p$  – часовой объем рециркуляционного воздуха, м<sup>3</sup>/ч.

Задавая массовую скорость воздуха в экономически выгодных пределах, предварительно определяют живое сечение калориферной установки:

$$F_k = \frac{G_{вк} \rho_k}{3600 v_m}, \quad (12.25)$$

где  $v_m$  – массовая скорость воздуха, кг/(м<sup>2</sup>·с). Для паровых калориферов она равна 3–7 кг/(м<sup>2</sup>·с); для водяных – 7–10 кг/(м<sup>2</sup>·с).

Затем по расчетной площади живого сечения и техническим данным подбирают модель и номер калорифера (табл. 12.13). Калориферы КВБ, К4ПП – одноходовые, пластинчатые; КФСО, КФБО – спирально-навивные, оребренные. Калориферы КФСО, КФБО имеют зигзагообразное расположение трубок, что увеличивает коэффициент теплопередачи по сравнению с калориферами КФС с коридорным расположением трубок. Цифра в марке означает число рядов трубок по ходу движения воздуха.

Для выбранного калорифера рассчитывают массовую скорость воздуха

$$n_{м.к} = \frac{G_{вк} \rho_k}{3600 F_{к.ф}}, \quad (12.26)$$

где  $F_{к.ф}$  – фактическое живое сечение выбранных калориферов, м<sup>2</sup>.

Таблица 12.13

Технические данные калориферов

Модель калорифера	Площадь поверхности нагрева, м <sup>2</sup>	Площадь живого сечения, м <sup>2</sup>	
		по воздуху	теплоносителю
1	2	3	4
КВБ-2	99	0,115	0,0046
КВБ-3	13,2	0,154	0,0061
КВБ-4	16,7	0,195	0,0061
КВБ-5	20,9	0,244	0,0076
КВБ-6	25,3	0,295	0,0076

1	2	3	4
КВБ-7	30,4	0,354	0,0092
КВБ-8	35,7	0,416	0,0092
КВБ-9	41,6	0,486	0,0107
КВБ-10	47,8	0,558	0,0107
КФСО-2	9,77	0,913	0,0061
КФСО-3	13,43	0,12	0,0084
КФСО-4	17,06	0,153	0,0084
КФСО-5	21,71	0,167	0,0107
КФСО-6	26,29	0,227	0,0107
КФСО-7	30,05	0,271	0,0122
КФСО-8	35,28	0,318	0,0122
КФСО-9	41,89	0,375	0,0145
КФСО-10	48,2	0,431	0,0145
КФСО-11	55,84	0,497	0,0168
К4ПП-2	12,7	0,115	0,0061
К4ПП-3	16,9	0,154	0,0082
К4ПП-4	21,4	0,195	0,0082
К4ПП-5	26,8	0,244	0,0102
К4ПП-6	32,4	0,295	0,0102
К4ПП-7	38,9	0,354	0,0102
К4ПП-8	45,7	0,416	0,0122
К4ПП-9	53,3	0,486	0,0143
К4ПП-10	61,2	0,558	0,0143
К4ПП-11	69,9	0,638	0,0163
КФБО-2	13,02	0,913	0,0081
КФБО-4	20,68	0,143	0,011
КФБО-6	32,55	0,222	0,0132
КФБО-8	47,04	0,318	0,0163
КФБО-10	64,29	0,431	0,0193

Скорость движения теплоносителя в трубках калорифера

$$u_t = \frac{Q_b}{100\rho_t c_t f_t \Delta t}, \quad (12.27)$$

где  $\rho_t$  – плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>; плотность воды определяют по данным графика (рис. 12.1), для пара с температурой 120 °С  $\rho_n = 2,775$  кг/м<sup>3</sup>;

$c_T$  – массовая теплоемкость теплоносителя: для воды  $c_B = 4,19$  кДж/(кг·°С), для пара  $c_{II} = 2120$  кДж/(кг·°С);

$f_T$  – площадь живого сечения трубок calorифера по теплоносителю, м<sup>2</sup> (табл. 12.13);

$\Delta t$  – разность значений температуры теплоносителя на входе в calorифер и выходе из него: для водяных calorиферов  $\Delta t = 20$  °С, для паровых calorиферов – 15–20 °С.

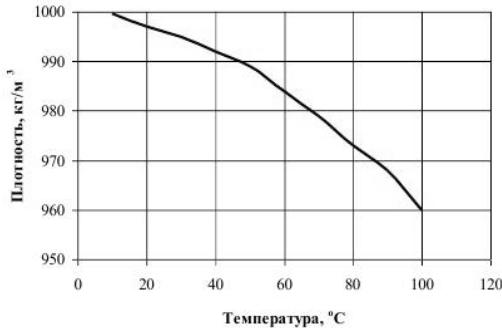


Рис. 12.1. График зависимости плотности чистой воды от температуры

Оптимальная средняя скорость воды в трубках calorифера должна находиться в пределах 0,2–0,5 м/с.

Расчетная поверхность нагрева calorиферов, м<sup>2</sup>:

$$F_{к.р} = \frac{(1,1-1,15)Q_B}{K_T(\Gamma_{ср.г} - \Gamma_{ср.в})}, \quad (12.28)$$

где  $K_T$  – коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К); значения  $K_T$  находят по формулам, приведенным в табл. 12.14;

$\Gamma_{ср.г} = 0,5(\Gamma_T + \Gamma_0)$  – средняя температура теплоносителя, К:

$\Gamma_T$ ,  $\Gamma_0$  – температура воды, соответственно, на входе в calorифер и выходе из него (если теплоноситель – пар, то среднюю температуру его принимают равной температуре насыщения при соответствующем давлении пара, при давлении пара до 0,13 МПа допускается принимать  $\Gamma_{ср.г} = 373$  К;

$T_{\text{ср.в}} = 0,5(T_{\text{к}} + T_{\text{н}})$  – средняя температура воздуха, К:

$T_{\text{к}}$ ,  $T_{\text{н}}$  – температура воздуха, соответственно, на выходе из калорифера и входе него, К.

Таблица 12.14

Расчетные формулы для определения коэффициента теплопередачи  $K_{\text{T}}$  и сопротивлений калориферов  $H_{\text{к}}$

Марка калорифера	Значения $K_{\text{T}}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К) при теплоносителе			Сопротивление калориферов $H_{\text{к}}$ одного ряда, Па
	пар	вода, движущаяся в трубках со скоростью, м/с		
		0,02–0,25	0,251–1	
КВБ	$17,75v_{\text{м}}^{0,351}$	$21,22v_{\text{м}}^{0,257}v_{\text{т}}^{0,192}$	$17,75v_{\text{м}}^{0,343}v_{\text{т}}^{0,149}$	$1,485v_{\text{м}}^{1,69}$
КЗПП	$14,1v_{\text{м}}^{0,366}$	$16,4v_{\text{м}}^{0,289}v_{\text{т}}^{0,158}$	$12,9v_{\text{м}}^{0,393}v_{\text{т}}^{0,108}$	$1,2v_{\text{м}}^{1,76}$
К4ПП	$11,6v_{\text{м}}^{0,42}$	$14,4v_{\text{м}}^{0,331}v_{\text{т}}^{0,14}$	$10,5v_{\text{м}}^{0,446}v_{\text{т}}^{0,034}$	$1,72v_{\text{м}}^{1,75}$
КФСО	$18,55v_{\text{м}}^{0,49}$	$22,23v_{\text{м}}^{0,384}v_{\text{т}}^{0,201}$	$16,55v_{\text{м}}^{0,501}v_{\text{т}}^{0,122}$	$3,29v_{\text{м}}^{1,69}$
КФБО	$16,5v_{\text{м}}^{0,455}$	$20,57v_{\text{м}}^{0,381}v_{\text{т}}^{0,178}$	$14,75v_{\text{м}}^{0,517}v_{\text{т}}^{0,138}$	$4,23v_{\text{м}}^{1,94}$
КВС-П	–	$20,8v_{\text{м}}^{0,32}v_{\text{т}}^{0,13}$		$2,16v_{\text{м}}^{1,62}$
КВБ-П	–	$19,7v_{\text{м}}^{0,32}v_{\text{т}}^{0,13}$		$2,75v_{\text{м}}^{1,65}$
КЗВП	–	$16,4v_{\text{м}}^{0,289}v_{\text{т}}^{0,158}$	$12,29v_{\text{м}}^{0,395}v_{\text{т}}^{0,106}$	$1,2v_{\text{м}}^{1,76}$
К4ВП	–	$14,4v_{\text{м}}^{0,331}v_{\text{т}}^{0,14}$	$10,5v_{\text{м}}^{0,446}v_{\text{т}}^{0,034}$	$1,72v_{\text{м}}^{1,75}$

Давление пара принимают в зависимости от протяженности паропровода, соединяющего котел с наиболее удаленным калорифером, из следующих значений:

– протяженность паропроводов, м:	50	50,1–100	100,1–200	200,1–300
– давление пара $p_{\text{изб}}$ , кПа:	5	10	20	30

Число устанавливаемых калориферов

$$n_{\text{к}} = \frac{F_{\text{к.п}}}{F_{\text{к.т}}}, \quad (12.29)$$

где  $F_{\text{к.т}}$  – табличное значение площади поверхности нагрева одного калорифера выбранной модели, м<sup>2</sup> (табл. 12.13).

Сопrotивление калориферов  $H_k$  проходу воздуха находят по формулам, приведенным в табл. 12.14, и принимают с запасом в 10 %.

**Пример.** В мастерской по ремонту электрооборудования требуемый воздухообмен по условию снижения концентрации вредных веществ до ПДК составляет 12 480 м<sup>3</sup>/ч. Определить необходимое для отопления здания число устанавливаемых калориферов, если расчетные значения температуры внутреннего воздуха составляет 20 °С. Теплоноситель – вода со значением температуры 75 °С.

**Решение.** Расход теплоты на нагрев воздуха внутри помещения

$$Q_b = 0,278 G_b c_{p_k} (t_k - t_n) = 0,278 \cdot 12\,480 \cdot 1,205 \cdot (20 - (-29)) = 204\,853 \text{ Вт},$$

где  $\rho_k = \frac{353}{273 + 20} = 1,205 \text{ кг/м}^3$  – плотность воздуха при значениях температуры 20 °С, достигнутых после прохождения калорифера;

$t_n = -29 \text{ °С}$  – температура наружного воздуха на входе в калорифер (для Лепеля – см. табл. 12.4).

Принимая для водяных калориферов массовую скорость воздуха  $v_m = 8 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$ , определяют живое сечение калориферной установки:

$$F_k = \frac{G_b \rho_k}{3600 v_m} = \frac{12\,480 \cdot 1,205}{3600 \cdot 8} = 0,522 \text{ м}^2.$$

По данным табл. 12.14 выбирают калорифер КВБ-10 с площадью живого сечения по воздуху  $F_{к.ф} = 0,558 \text{ м}^2$ . Для выбранного калорифера массовая скорость воздуха составит:

$$v_{м.к} = \frac{G_b \rho_k}{3600 F_{к.ф}} = \frac{12\,480 \cdot 1,205}{3600 \cdot 0,558} = 7,49 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}.$$

Скорость движения воды в трубках калорифера:

$$v_t = \frac{Q_b}{1000 \rho_{т.с.т} f_t \Delta t} = \frac{204\,853}{1000 \cdot 975 \cdot 4,19 \cdot 0,0107 \cdot 20} = 0,23 \text{ м/с}.$$

Коэффициент теплопередачи calorifера рассчитывают по формуле, приведенной в табл. 12.14:

$$K_T = 21,22 n_{\text{м.к}}^{0,257} n_T^{0,192} = 21,22 \cdot 7,49^{0,257} \cdot 0,23^{0,192} = 26,85 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Принимая  $T_{\text{ср.т}} - T_{\text{ср.в}} = 46 \text{ К}$ , определяют расчетную поверхность нагрева calorиферов

$$F_{\text{к.р.}} = \frac{(1,1 - 1,15) Q_{\text{в}}}{K_T (T_{\text{ср.т}} - T_{\text{ср.в}})} = \frac{1,15 \cdot 204\,853}{26,85 \cdot 46} = 190,74 \text{ м}^2.$$

Число устанавливаемых calorиферов

$$n_{\text{к}} = \frac{F_{\text{к.р.}}}{F_{\text{к.т}}} = \frac{190,74}{47,8} = 4.$$

Сопротивление calorиферов проходу воздуха находят по формулам, приведенным в табл. 12.14:

$$H_{\text{к}} = 1,485 n_{\text{м.к}}^{1,69} = 1,485 \cdot 7,49^{1,69} = 44,75 \text{ Па}.$$

С учетом коэффициента запаса  $k_3 = 1,1$ ,  $H_{\text{к.о}}$  равно:

$$H_{\text{к.о}} = k_3 H_{\text{к}} = 1,1 \cdot 44,75 = 49,2 \text{ Па}.$$

### Контрольные вопросы и задания по теме занятия

1. Для чего предназначено отопление производственных помещений?
2. Какие санитарно-гигиенические требования предъявляют к системам отопления?
3. Что представляет собой местное отопление?
4. Какие требования должны быть обеспечены при эксплуатации систем водяного отопления?

5. Какие требования должны быть обеспечены при эксплуатации систем парового отопления?

6. Какие требования должны быть обеспечены при эксплуатации систем вентиляции и воздушного отопления?

7. Определить тепловую мощность котельной установки и количество нагревательных приборов, если наружный объем здания –  $V_n$ , масса ввозимых в помещение материалов или оборудования –  $G$ , время нагревания материалов или оборудования –  $\tau$ , в помещении установлено  $n$  штук светильников, каждый мощностью  $N_{св}$ , номинальная мощность электродвигателя –  $N$ , площадь вертикальных нагретых поверхностей оборудования –  $F_v$ , площадь горизонтальных нагретых поверхностей оборудования –  $F_r$ , разность значений температуры нагретой поверхности и воздуха помещения –  $\Delta T$ , К, численность работающих в помещении –  $n_q$ .

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Город:	Гомель	Витебск	Гродно	Бобруйск	Могилев	Полоцк	Мозырь	Минск	Брест
Вид помещения	Гараж		Столярная мастерская		Гараж		Столярная мастерская		Гараж
Категория работ	средней тяжести	тяжелая	средней тяжести	тяжелая	средней тяжести	тяжелая	средней тяжести	тяжелая	средней тяжести
$V_n, \text{ м}^3$	500	600	900	1000	700	800	900	1100	1200
Ввозимый материал	Железо		Дерево		Вода		Железо	Дерево	
$G, \text{ тыс. кг}$	30	40	0,3	0,4	1	2	50	0,5	0,6
$n_q$	7	10	13	15	10	12	11	15	16
$\tau, \text{ ч}$	3		2,5		2		2,5	3	
$n, \text{ шт.}$	10		40		10		20	50	60
$N_{св}, \text{ Вт}$	100		300		100		100	300	
$N, \text{ кВт}$	1		10		2		1	10	
$F_v, \text{ м}^2$	10		–		–		10	–	
$F_r, \text{ м}^2$	–		–		3		–	–	
$\Delta T, \text{ К}$	338		–		500		–	338	

8. В мастерской необходимо обеспечить воздухообмен  $G_v$  по условию снижения концентрации вредных веществ до ПДК. Определить необходимое для отопления здания число устанавливаемых калориферов, если расчетное значение температуры внутреннего воздуха составляет 20 °С. Теплоноситель – вода со значением температуры 75 °С.

№ варианта: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Город: Лепель	Дубровно	Бобруйск	Гродно	Мозырь	Горки	Минск	Гомель	Брест	
$G_v$ , $M^3/ч$	10 000	10 500	11 000	11 500	12 000	12 500	13 000	13 500	14 000

## Практическое занятие № 13

### РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ ПЕРЕДВИЖНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ СНИЖЕНИЮ

**Цель занятия:** приобрести знания и навыки расчета выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников на предприятиях АПК.

#### **Задачи занятия:**

1. Изучить основные источники загрязнения окружающей среды от эксплуатации машинно-тракторного парка и мероприятия по их снижению.
2. Изучить методику расчета выбросов от передвижных источников.
3. Изучить методику расчета выбросов от технологического оборудования и производственных операций ремонтно-обслуживающей базы АПК.
4. Изучить мероприятия по снижению вредных выбросов от объектов ремонтно-обслуживающего производства АПК.
5. Овладеть практическими навыками расчета выбросов загрязняющих веществ.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно изучить учебно-методические материалы по теме, дополнительную литературу, предложенную преподавателем.
2. Произвести расчеты выбросов загрязняющих веществ от различного технологического оборудования и операций ремонтно-обслуживающего производства (по вариантам, указанным преподавателем).
3. Оформить отчет.
4. Проверить знания по теме занятия, ответив на контрольные вопросы.

### Общие положения

Сельскохозяйственное производство в экологическом отношении обуславливает проявление процессов, выражающихся в загрязнении окружающей среды.

Причиной загрязнения природной среды являются выбросы вредных веществ от передвижных источников и стационарных объектов АПК.

Все это требует постоянного мониторинга экологически неблагоприятных процессов, влечет необходимость разработки мер по обеспечению экологической безопасности функционирования объектов АПК.

***Воздействие на окружающую среду от эксплуатации машинно-тракторного парка***

Машинотракторный парк (МТП) любого сельскохозяйственного предприятия является источником загрязнения окружающей среды токсичными веществами.

Наибольшей токсичностью в отработавших газах карбюраторных ДВС обладают выбросы оксида углерода CO (0,5–12,0 %), оксидов азота NO<sub>x</sub> (до 0,8 %), углеводородов C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> (0,2–3,0 %).

Тракторы, различные самоходные сельскохозяйственные машины и грузовые автомобили являются одним из главных источников загрязнений вредными продуктами сгорания дизельного топлива (табл. 13.1).

*Таблица 13.1*

Вредные выбросы в зависимости от марки двигателя

Марка двигателя	Расчетный средний расход топлива, т/год	Вредные выбросы, т/год				
		NO <sub>x</sub> (окислы азота)	CO (окись углерода)	CH (углеводороды)	SO <sub>2</sub> (окислы серы)	C (сажа)
Д-240	~ 8,5	0,43	0,23	0,04	0,028	0,017
Д-240Л						
Д-50	~ 6,8	0,34	0,18	0,03	0,022	0,014
Д-50(Л)						
Д-65Н	~ 7,1	0,36	0,19	0,04	0,023	0,014
Д-65М						
Д-144	~ 7,5	0,38	0,20	0,04	0,025	0,015
ЯМЗ-240Б	~ 32	1,6	0,86	0,16	0,105	0,064
ЯМЗ-240БМ						
ЯМЗ-238НБ	~ 24	1,2	0,65	0,12	0,079	0,048
ЯМЗ-238НД						
СМД-62	~ 19	0,95	0,51	0,09	0,063	0,038

Дизельные ДВС выбрасывают в больших количествах сажу, которая в чистом виде не токсична, но частицы сажи несут на своей поверхности частицы токсичных веществ, в том числе канцерогенов (в частности бензапирена). Сажа может длительное время находиться во взвешенном состоянии в воздухе, увеличивая тем самым время воздействия токсичных веществ на человека.

### ***Методы расчета выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников***

Выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) двигателями МТП и автотранспорта осуществляются на различных этапах его работы.

Состав и количество отработавших газов передвижных источников зависят от их марки, условий эксплуатации и других факторов, что значительно затрудняет экспериментальные измерения массы вредных выбросов. Для этого пришлось бы на каждое мобильное средство устанавливать комплекс газоанализаторов и проводить непрерывные измерения. Поэтому для определения массы выбросов ( $M_i$ ) используются расчетные методы, среди которых наибольшее применение получили следующие:

а) с учетом количества топлива, фактически расходуемого передвижным источником:

$$M_i = QK, \quad (13.1)$$

где  $Q$  – расход топлива, т или тыс.  $m^3$ ;

$K$  – коэффициент эмиссии вредных веществ при сжигании 1 т жидкого топлива, или  $1000 m^3$  сжатого газа;

б) пропорционально пробегу передвижных источников;

в) комплексный метод.

Первые два метода не учитывают структуру парка передвижных источников, их техническое состояние, условия движения и эксплуатации, вследствие чего результаты расчетов недостаточно точны. Лучшие результаты дает комплексный метод, основанный на следующем соотношении:

$$M_i = 10^{-6} m_{i,уд} L k_1 k_2 k_3, \quad (13.2)$$

где  $M_i$  – масса выброса  $i$ -го вида примеси в атмосферу, т;

$m_{iуд}$  – величина удельных выбросов примесей на 1 км пробега, г/км;

$L$  – общий пробег передвижного источника, км;

$k_1, k_2, k_3$  – коэффициенты влияния, соответственно, среднего возраста парка передвижных источников, уровня технического состояния, природно-климатических условий.

Используя комплексный метод, можно получить данные о выбросах вредных компонентов отработавших газов отдельно для четырех режимов работы: холостой ход, разгон, установившееся движение и торможение. Известно, что самое большое массовое количество вредных веществ с ОГ выбрасывается при работе двигателя не на холостом ходу, а на форсированных режимах, в момент разгона и торможения. В этом случае определяются:

- для передвижных источников с карбюраторными двигателями – выброс оксида углерода (CO), углеводородов ( $C_xH_y$ ), оксидов азота (в пересчете на диоксид азота  $NO_2$ ) и соединений свинца (Pb);
- для дизельных двигателей расчет ведется для CO,  $C_xH_y$ ,  $NO_2$  и сажи (C).

Выброс  $i$ -го вещества в граммах одним передвижным источником в день при выезде ( $M'_{ik}$ ) с территории стоянки (гаража) и возврате ( $M''_{ik}$ ) равен:

$$M'_{ik} = m_{пр.ik} t_{пр} + m_{x.x.ik} t_{x.x.1} + m_{1ik} L_1, \quad (13.3)$$

$$M''_{ik} = m_{x.x.ik} t_{x.x.2} + m_{1ik} L_2, \quad (13.4)$$

где  $m_{пр.ik}$  – удельный выброс  $i$ -го вещества при прогреве двигателя передвижного источника  $k$ -й группы, г/мин;

$m_{x.x.ik}$  – удельный выброс  $i$ -го вещества при работе на холостом ходу, г/мин;

$m_{1ik}$  – удельный выброс  $i$ -го вещества при движении передвижного источника по территории стоянки, г/км;

$t_{\text{пр}}$  – время прогрева двигателя, мин;

$L_1, L_2$  – побег за день по территории стоянки одного передвижного источника при выезде (возврате), км;

$t_{\text{x.x.1}}, t_{\text{x.x.2}}$  – время работы двигателя на холостом ходу при выезде (возврате) на территорию стоянки, мин. (Принимается  $t_{\text{x.x.1}} = t_{\text{x.x.2}} = 1$  мин).

Под  $k$ -й группой передвижных источников принимаются мобильные средства одной категории. Например, группы передвижных источников с карбюраторными двигателями грузоподъемностью до 1 т, от 1 до 3 т, от 3 до 6 т и т. д. Величины удельных выбросов загрязняющих веществ получают экспериментально. Время прогрева двигателя ( $t_{\text{пр}}$ ) зависит от температуры воздуха. В переходный период (среднемесячные значения температуры от  $-5^\circ\text{C}$  до  $+5^\circ\text{C}$ ) выбросы CO и  $\text{C}_x\text{H}_y$  умножаются на коэффициент 0,9 от значений холодного периода года (среднемесячные значения температуры меньше  $-5^\circ\text{C}$ ). Выбросы  $\text{NO}_2$  в переходный период равны выбросам в холодный период.

Валовой выброс  $i$ -го вещества, то есть выброс всеми мобильными средствами, за каждый период года рассчитывается по формуле

$$M_{\text{ивал}} = \sum_{j=1}^k 10^{-3} a_b N_k D_p (M'_{ik} + M''_{ik}), \quad (13.5)$$

где  $M_{\text{ивал}}$  – валовой выброс, кг;

$a_b$  – коэффициент выпуска, характеризующий долю передвижных источников  $k$ -й группы, выезжавших с территории предприятия;

$N_k$  – количество передвижных источников  $k$ -й группы на предприятии;

$D_p$  – количество рабочих дней в расчетном периоде года.

Выброс соединений Pb в граммах (для карбюраторных двигателей) одним передвижным источником  $k$ -й группы при выезде с территории стоянки  $M'_{ck}$  и возврате  $M''_{ck}$  рассчитывается следующим образом:

$$M'_{ck} = 0,7d_c (q_{\text{пр}}t_{\text{пр}} + q_{\text{x.x}}t_{\text{x.x}} + q_1L_1), \quad (13.6)$$

$$M''_{ck} = 0,7d_c (q_{\text{x.x}}t_{\text{x.x}} + q_1L_2), \quad (13.7)$$

где 0,7 – безразмерный коэффициент;

$d_c$  – содержание Pb в одном литре топлива;

$q_{\text{пр}}$  и  $q_{\text{x.x}}$  – расход топлива, соответственно, при прогреве двигателя и работе на холостом ходу, л/мин;

$q_1$  – расход топлива при движении передвижного источника по территории стоянки (предприятия), л/км.

Валовый выброс Pb (кг)  $M_{\text{свал}}$  определяется по формуле

$$M_{\text{свал}} = \sum_{j=1}^k 10^{-3} a_b N_k D_p (M'_{ck} + M''_{ck}). \quad (13.8)$$

Общая токсичность отработавших газов двигателей при эксплуатации с ухудшением их технического состояния увеличивается не менее чем на 30 %, что требует всеохватывающего контроля двигателей МТП и автомобилей, измерения концентрации CO и CH<sub>x</sub> карбюраторных ДВС и дымности дизелей с целью восстановления их технического состояния.

### ***Мероприятия по снижению выбросов от МТП***

В процессе эксплуатации техническое состояние тракторов и сельскохозяйственных машин, как правило, ухудшается: снижаются показатели работоспособности, увеличивается энергопотребление, ухудшаются другие параметры технического состояния, производственной и экологической безопасности (дымность и токсичность отработавших газов дизеля).

Возможным путем обеспечения экологической безопасности тракторов и самоходной сельскохозяйственной техники в настоящее время является комплексное решение экологических и экономических проблем, в основу которых должен быть положен эколого-экономический критерий. Сущность этого критерия состоит в оптимальном сочетании

конструктивно-технологических мер при производстве и эксплуатации сельскохозяйственных машин, направленных на обеспечение производственной безопасности и минимально вредных воздействий машин на окружающую среду.

Признаки экологически безопасной и экономичной работы тракторного дизеля:

- легкий запуск, работа без перебоев на всех скоростных режимах, в том числе при свободном ускорении коленчатого вала;

- бездымный выхлоп на холостом ходу прогретого двигателя, незначительное дымление при полной его загрузке;

- устойчивая работа 4-цилиндрового дизеля при 3 выключенных, а 6- и 8-цилиндровых – при 4 выключенных цилиндрах;

- соответствующий норме расход топлива на максимальных оборотах холостого хода;

- отсутствие подтеканий масла и охлаждающей жидкости на блоке и на головках цилиндров, отсутствие масла в турбокомпрессоре и в выхлопной трубе, отсутствие подтеканий топлива на элементах топливной аппаратуры;

- отсутствие интенсивного выхода картерных газов из сапуна (маслозаливной горловины);

- нормальный уровень моторного масла (повышенный уровень вызывает увеличенный угар масла и повышенную токсичность отработавших газов);

- равномерное по всем цилиндрам снижение оборотов двигателя при отключении каждой форсунки или свечи зажигания;

- отсутствие сигналов о засоренности воздухоочистителя;

- отсутствие резкого запаха подгорания фрикционных накладок.

*Обязательные операции технического обслуживания, обуславливающие надежную, экономичную и экологически чистую работу машины:*

- периодический слив отстоя из топливного бака, фильтра-отстойника (60–100 ч), фильтра тонкой очистки топлива (60–240 ч). Экстренный слив отстоя при возникновении мутного топлива;

- периодическая очистка воздухоочистителя, топливных фильтров. После работы в запыленных условиях – внеплановая очистка воздухоочистителя или очистка по потребности по показаниям сигнализатора загрязненности;

- периодическая очистка реактивного центробежного маслоочистителя и других масляных фильтров (в силовой передаче, гидросистеме навесного механизма);
- устранение причин выделяющихся стуков механизма газораспределения;
- проверка и, при необходимости, восстановление уровня моторного масла, масла в силовой передаче;
- утепление дизеля, в т. ч. при значениях температуры ниже +5 °С, не дожидаясь морозов, использование зимних сортов моторного масла и топлива, что уменьшает расход топлива на 200–300 кг на трактор за зиму; разогрев дизеля горячей водой, горячим маслом, утепление радиатора, топливной аппаратуры экономит только на каждом пуске дизеля зимой до 2 л топлива;
- проверка и регулировка натяжения ремней вентилятора дизелей с воздушным охлаждением;
- заправка машины топливом через заливной фильтр.

### ***Расчет выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников***

#### *Аккумуляторные работы*

Зарядка аккумуляторных батарей сопровождается выбросом в атмосферный воздух аэрозоля серной кислоты ( $H_2SO_4$ ) – при работе с кислотными батареями или калия гидроксида (KOH) – при работе со щелочными батареями.

Валовой выброс серной кислоты при зарядке кислотных аккумуляторных батарей и калий гидроксида при зарядке щелочных аккумуляторных батарей  $M_i$ , т/год, рассчитывается по формуле

$$M_i = 10^{-9} g_j (Q_1 a_1 + \dots + Q_n a_n), \quad (13.9)$$

где  $g_j$  – удельное выделение  $j$ -го загрязняющего вещества, мг/(А·ч), (для серной кислоты  $g_s = 0,9$  мг/(А·ч), для калий гидроксида  $g_k = 0,72$  мг/(А·ч));

$Q_1, \dots, Q_n$  – номинальная емкость каждого типа заряжаемых аккумуляторных батарей, обслуживаемых предприятием, А·ч (прилож. 4);

$a_1, \dots, a_n$  – количество проведенных зарядок аккумуляторных батарей соответствующей емкости за год.

Максимальный выброс серной кислоты или калий гидроксида  $G_j$ , г/с, определяется по формуле

$$G_j = 10^{-6} g_{mj} \sum_{k=1}^z I_{mk} a_{mk}, \quad (13.10)$$

где  $g_{mj}$  – удельное выделение  $j$ -го загрязняющего вещества при зарядке с максимальной нагрузкой, мг/(кА·с), принимаемое для серной кислоты  $g_{mS} = 0,25$  мг/(кА·с), для калий гидроксида  $g_{mK} = 0,2$  мг/(А·ч);

$z$  – количество типов наиболее емких аккумуляторных батарей, заряжаемых одновременно;

$I_{mk}$  – ток зарядки наиболее емких аккумуляторных батарей  $k$ -го типа, заряжаемых в отделении одновременно, А, принимаемый  $I_{mk} = 0,1Q_k$ ;

$a_{mk}$  – количество одновременно заряжаемых батарей наибольшей емкости  $k$ -го типа.

Валовой выброс при приготовлении электролита серной кислоты или калий гидроксида  $M_j$ , т/год, определяется по формуле

$$M_j = 3,6 \cdot 10^{-3} g_{0j} F_{эл} t_r, \quad (13.11)$$

где  $g_{0j}$  – удельное выделение  $j$ -го загрязняющего вещества при приготовлении электролита, г/(с·м<sup>2</sup>), принимаемое для серной кислоты  $g_{0S} = 0,7$  г/(с·м<sup>2</sup>), для калий гидроксида  $g_{0K} = 1,57$  г/(с·м<sup>2</sup>);

$F_{эл}$  – площадь ванны для приготовления электролита, м<sup>2</sup>;

$t_r$  – время работы участка за год, ч.

Максимальный выброс загрязняющих веществ при приготовлении электролита серной кислоты или калий гидроксида, г/с:

$$G_j = g_{0j} F_{эл}. \quad (13.12)$$

Расчет максимального выброса (г/с) серной кислоты или калий гидроксида производится исходя из условий, что мощность зарядных устройств используется с максимальной нагрузкой. При этом сначала определяется валовой выброс  $M_{jсут}$ , т/сут:

$$M_{jсут} = 10^{-9} g_j Q' n', \quad (13.13)$$

где  $Q'$  – номинальная емкость наиболее емких аккумуляторов, имеющихся на предприятии;

$n'$  – максимальное количество вышеуказанных батарей, которые можно одновременно присоединять к зарядному устройству.

Максимальный разовый выброс серной кислоты или калий гидроксида рассчитывается по формуле

$$G_{раз}^A = \frac{10^6 M_{jсут}}{3600m}, \quad (13.14)$$

где  $m$  – цикл проведения зарядки в день. Обычно принимают  $m = 10$  ч.

Удельные выбросы загрязняющих веществ при зарядке составляют:

– щелочных аккумуляторов (калий гидроксида) – 1,9 г/кг электролита;

– кислотных аккумуляторов (серной кислоты) – 2,5 г/кг электролита.

Валовой выброс загрязняющих веществ при ремонте и сборке аккумуляторных батарей, т/год, определяется по формуле

$$M_j = 10^{-6} g_{Rj} F_3 \tau_T n_T, \quad (13.15)$$

где  $g_{Rj}$  – удельное выделение  $j$ -го загрязняющего вещества на единицу площади зеркала тигля,  $\text{г}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ ; при отливке свинцовых клемм и межэлементных соединений (выделяется свинец и его неорганические соединения)  $g_{\text{РРб}} = 0,0013 \text{ г}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ , при разогреве битумной мастики (выделяются углеводороды предельные  $\text{C}_1\text{--}\text{C}_{10}$ )  $g_{\text{РСН}} = 0,003 \text{ г}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ ;

$F_3$  – площадь зеркала тигля, в котором плавится свинец (битумная мастика),  $\text{м}^2$ ;

$\tau_t$  – продолжительность нахождения свинца (мастики) в расплавленном виде в тигле при одном разогреве, с;

$n_t$  – количество разогрева тигля в год.

Максимальный выброс загрязняющих веществ при ремонте и сборке аккумуляторных батарей  $G_j$ , г/с, рассчитывается по формуле

$$G_j = g_{Rj} F. \quad (13.16)$$

#### *Слесарно-механический участок*

Для расчета выбросов загрязняющих веществ при механической обработке материалов необходимы следующие исходные данные: характеристика оборудования; время работы единицы оборудования; номенклатура материалов, подвергающихся обработке; удельное количество пыли, аэрозолей, выделяющихся при работе на оборудовании.

Удельное выделение пыли и аэрозолей, образующихся при механической обработке материалов, приведено в прилож. 7–9.

Валовой выброс каждого загрязняющего вещества, т/год, на участке механической обработки  $M_c^c$  определяется отдельно для каждого станка по формуле

$$M_c^c = 3600 g_i^c t_{\text{ст}} n_{\text{ст}} 10^{-6}, \quad (13.17)$$

где  $g_i^c$  – удельное выделение загрязняющего вещества при работе оборудования (станка), г/с;

$t_{\text{ст}}$  – чистое за день время работы одной единицы оборудования;

$n_{\text{ст}}$  – количество дней работы станка (оборудования) в год.

Максимально разовый выброс определяется по прилож. 7 – 9.

Если на одном станке обрабатываются различные материалы, то валовой выброс и максимально разовый выброс рассчитывается отдельно для каждого материала. Количество уловленных загрязняющих веществ  $M_i^o$ , т/год, рассчитывается по формуле

$$M_i^o = M_i^c A \eta, \quad (13.18)$$

где  $A$  – коэффициент, учитывающий исправную работу очистного устройства:

$$A = \frac{N}{N_1},$$

где  $N$  – количество дней исправной работы очистных устройств в год;

$N_1$  – количество дней работы участка в год;

$\eta$  – эффективность данного очистного устройства (по паспортным данным), в долях.

Максимальный разовый выброс  $G_p^g$  при наличии очистных устройств определяется по формуле

$$G_p^g = g_i^c (1 - \eta A). \quad (13.19)$$

Если очистные устройства какое-то время не работали, то максимальный разовый выброс принимается по прилож. 7–9.

Применение смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) при шлифовании уменьшает выделение пыли на 85–90 %. При работе на станках с применением СОЖ образуется мелкодисперсный аэрозоль. Количество выделяющегося аэрозоля зависит от ряда факторов, в том числе от энергетических затрат на резание металла. Поэтому принято относить выделение аэрозоля на 1 кВт мощности электродвигателя станка.

Валовой выброс аэрозоля при использовании СОЖ ( $M_{\text{СОЖ}}^c$ ) рассчитывается для каждого станка по формуле

$$M_{\text{СОЖ}}^c = 3600 g_{\text{СОЖ}}^c P t_{\text{ст}} n_{\text{ст}} 10^{-6}, \quad (13.20)$$

где  $g_{\text{СОЖ}}^c$  – удельное выделение загрязняющих веществ при обработке металла с применением СОЖ, г/с·кВт;

$P$  – мощность электродвигателя станка, кВт.

Максимальный разовый выброс аэрозоля  $G_{\text{СОЖ}}^a$  при применении СОЖ определяется по формуле

$$G_{\text{СОЖ}}^a = g_{\text{СОЖ}}^c P. \quad (13.21)$$

#### *Медницко-жестяницкий участок*

На медницко-жестяницком участке производят ремонт радиаторов, топливных баков, воздухоочистителей и топливопроводов. Кроме того, здесь выполняют различные жестяницкие работы, связанные с восстановлением кабин, капотов, облицовок радиатора, крыльев, брызговиков и других деталей.

При проведении медницких работ (пайка и лужение) используются мягкие припои, плавящиеся при температуре 180–230 °С. Эти припои содержат свинец, олово, поэтому при пайке в воздух выделяются аэрозоли оксидов свинца и олова.

Расчет валовых выбросов производится отдельно по свинцу и оксидам олова. Так, при пайке паяльником с косвенным нагревом

$$M_i^n = 10^{-6} g_i m_{\text{пп}}, \quad (13.22)$$

где  $g_i$  – удельные выделения (свинца, оксидов олова, меди и цинка), г/кг (прилож. 11);

$m_{\text{пп}}$  – масса израсходованного припоя за год, кг.

При пайке электропаяльником

$$M_i^{\text{эл}} = 3600 g_i t_{\text{п}} n_{\text{п}} 10^{-6}, \quad (13.23)$$

где  $t_{\text{п}}$  – «чистое» время работы паяльником, ч;

$n_{\text{п}}$  – количество паяк в год.

При лужении

$$M_i^{\text{л}} = 3600 F_{\text{в}} g_i t_{\text{в}} n_{\text{в}} 10^{-6}, \quad (13.24)$$

где  $F_{\text{в}}$  – площадь зеркала ванны, м<sup>2</sup>;

$t_{\text{в}}$  – время нахождения ванны в рабочем состоянии в день, ч;

$n_{\text{в}}$  – число дней работы ванны в год.

Максимально разовый выброс загрязняющих веществ определяется:

– при пайке паяльниками с косвенным нагревом по формуле

$$G_i^{\text{п}} = \frac{10^6 M_i}{3600 t_{\text{п}} n_{\text{п}}}; \quad (13.25)$$

– при лужении:

$$G_i^{\text{л}} = g_i F_{\text{в}}. \quad (13.26)$$

При пайке электропаяльниками максимально разовый выброс равен удельному и берется из прилож. 11.

Общий валовой и максимальный разовый выбросы одноименных веществ определяются как сумма этих веществ при пайке и лужении.

#### *Участок малярных работ*

Технологический процесс окраски машин и сборочных единиц включает работы по подготовке поверхностей под окраску, грунтовку, шпатлевку, нанесения лакокрасочного покрытия и его сушку.

Обезжиривание наиболее часто производят в струйных камерах или ваннах водными растворами синтетических моющих средств щелочного типа МЛ-51, МС-8, МС-6, МС-5, «Лабомид-101», КМ-1 и др.

Для обезжиривания окрашиваемых поверхностей применяют также органические растворители. Их поверхности протирают хлопчатобумажной ветошью, смоченной растворителями (уайт-спирит, бензин), щетками или погружают (мелкие детали) в ванны с уайт-спиритом, трихлорэтиленом или другими хлорированными углеводородами. Следует отметить токсичность паров органических растворителей, обуславливающих применение оборудования специальной конструкции и эффективной вентиляции.

Из многих способов окраски (прилож. 13) наибольшее распространение в сельскохозяйственном ремонтном производстве получило нанесение краски путем пневматического распыления без нагрева и с нагревом.

Выброс загрязняющего вещества, содержащегося в составе лакокрасочного материала, зависит от его состава, способа нанесения покрытия, производительности применяемого оборудования, толщины наносимого покрытия, наличия средств по улавливанию или нейтрализации загрязняющих веществ и пр.

Принято, что в процессе окраски и сушки происходит полный переход летучей части лакокрасочного материала и (или) растворителя в газообразное состояние.

В качестве исходных данных для расчета выбросов загрязняющих веществ принимают фактический или плановый расход лакокрасочного материала, долю содержания в нем летучей части, долю компонентов летучей части, и при наличии оборудования для газоочистки – степень очистки.

### ***Расчет выбросов от организованных источников***

Количество красочного аэрозоля  $M_a$ , выделяющегося или выбрасываемого в атмосферный воздух (при отсутствии газоочистки) при нанесении лакокрасочного материала на поверхность изделия, определяется по формуле

$$M_a = 10^{-4} M_k f_a f_t, \quad (13.27)$$

где  $M_k$  – масса лакокрасочного материала, используемого для покрытия (прилож. 14), т;

$f_a$  – доля лакокрасочного материала, потерянного в виде аэрозоля (прилож. 14), %;

$f_t$  – доля твердой составляющей в лакокрасочном материале (прилож. 14), %.

Количество красочного аэрозоля  $M_a$ , выделяющегося в атмосферу при наличии газоочистки, определяется по формуле

$$M_a = 10^{-4} M_k f_a f_t (1 - n_{\text{оч}}), \quad (13.28)$$

где  $n_{\text{оч}}$  – степень очистки, в долях.

При нанесении покрытия при отсутствии газоочистки общее количество загрязняющих веществ, содержащихся в летучей части лакокрасочного материала, выделяющихся и выбрасываемых в атмосферный воздух, определяется по формуле

$$M_a = 10^{-4} M_k f_p f_{\text{po}}, \quad (13.29)$$

где  $f_p$  – летучая часть, %;

$f_{\text{po}}$  – летучая часть растворителей от общего их содержания в лакокрасочном материале при окраске (прилож. 14).

При сушке  $M_a$  находят по формуле

$$M_a = 10^{-4} M_k f_p f_{\text{pc}}, \quad (13.30)$$

где  $f_{\text{pc}}$  – доля летучих растворителей от общего их содержания в лакокрасочном материале при сушке.

Выделение (выброс) при отсутствии газоочистки индивидуального загрязняющего вещества, содержащегося в лакокрасочном материале при нанесении покрытия  $M_o$  и сушке  $M_c$ , определяется по следующим формулам:

$$M_o = 10^{-6} M_k f_p f_{\text{po}} f_k, \quad (13.31)$$

где  $f_k$  – содержание загрязняющего вещества в летучей части лакокрасочного материала, %.

$$M_c = 10^{-6} M_k f_p f_{pc} f_k. \quad (13.32)$$

Выброс индивидуального загрязняющего вещества, содержащегося в летучей части лакокрасочного материала при наличии газоочистки в процессе нанесения покрытия и сушки:

$$M_{ок} = 10^{-6} M_k f_p f_{po} f_k (1-n). \quad (13.33)$$

$$M_{ck} = 10^{-6} M_k f_p f_{pc} f_k (1-n). \quad (13.34)$$

Общий выброс индивидуального загрязняющего вещества, содержащегося в летучей части лакокрасочного материала, определяется по формуле

$$M_{общ} = M_{ок} + M_{ck}. \quad (13.35)$$

При отсутствии газоочистки, когда известны суммарная площадь поверхности окрашиваемого изделия и удельное количество загрязняющего вещества, выделяющегося в атмосферный воздух при применении определенного типа лакокрасочного материала в конкретном технологическом процессе и однослойном покрытии, количество загрязняющего вещества определяется по формуле

$$M_{окр} = 10^{-6} \sum_{i=1}^n g_{ij} F_{ij}, \quad (13.36)$$

где  $g_{ij}$  – удельное количество загрязняющего вещества, выделяющегося в атмосферу при применении  $i$ -го типа лакокрасочного материала при  $j$ -м технологическом процессе нанесения покрытия с учетом транспортировки и предварительной сушки,  $г/м^2$ ;

$F_{ij}$  – суммарная поверхность изделий, окрашиваемых  $i$ -м типом лакокрасочного материала при  $j$ -м технологическом процессе нанесения покрытия,  $м^2/год$ .

Масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, рассчитывается по тем же формулам, что и валовый выброс, только вместо массы лакокрасочного материала  $M_k$ , необходимого для покрытия, используется масса лакокрасочного материала, расходуемого в единицу времени:

$$M_k = \frac{1000M_{\text{cp}}}{60t}, \quad (13.37)$$

где  $M_{\text{cp}}$  – расход лакокрасочного материала за время  $t$  ведения технологического процесса нанесения покрытия, кг ( $t$  – не более 30 минут).

Рассчитать количество красочного аэрозоля выбрасываемого в атмосферу в единицу времени можно по формуле:

$$M_a = 0,56M_{\text{cp}}f_a f_i 10^{-4}. \quad (13.38)$$

### ***Расчет выбросов от неорганизованных источников***

При нанесении лакокрасочных покрытий при отсутствии оборудования по отсосу загрязненного воздуха, и когда источники являются неорганизованными, выбросы ЗВ, содержащиеся в летучей части лакокрасочного материала, рассчитываются по формуле

$$M = 10^{-4} M_k f_p f_k. \quad (13.39)$$

### ***Шиноремонтный участок***

Технологический процесс ремонта местных повреждений покрышек включает следующие операции: прием в ремонт и определение величины и характера повреждений; мойку, сушку, подготовку поврежденных участков к ремонту – вырезку поврежденных участков, проверку влажности и при необходимости сушку; шероховку, намазку клеем, сушку; заделку повреждений; вулканизацию; отделку и балансировку.

Для расчета выбросов загрязняющих веществ необходимо иметь следующие исходные данные: удельные выделения загрязняющих веществ при ремонте резинотехнических изделий; количество расходуемых за год материалов (клей, бензин, резина для ремонта); время работы шероховальных станков в день.

Валовое выделение пыли ( $M_i^n$ ) рассчитывается по формуле

$$M_i^n = 3600g_n n_{\text{ш}} t_{\text{ш}} 10^{-6}, \quad (13.40)$$

где  $g_n$  – удельное выделение пыли при работе единицы оборудования, г/с (прилож. 15);

$n_{ш}$  – число дней работы шероховального станка в год;

$t_{ш}$  – среднее чистое время работы шероховального станка в день, ч.

Максимально разовый выброс пыли при шероховке принимается равным удельному выделению пыли (прилож. 15).

Валовые выбросы бензина, оксида углерода и сернистого ангидрида  $M_i^B$  определяются по формуле

$$M_i^B = 10^{-6} g_i^B B, \quad (13.41)$$

где  $g_i^B$  – удельное выделение загрязняющего вещества ремонтных материалов, клея в процессе его нанесения с последующей сушкой и вулканизацией (прилож. 16), г/кг;

$B$  – количество израсходованных ремонтных материалов в год, кг.

Максимально разовый выброс бензина  $G_6$  определяется по формуле

$$G_6 = \frac{g_i^B B'}{3600 t_c}, \quad (13.42)$$

где  $B'$  – количество израсходованного бензина в день, кг;

$t_c$  – время, затрачиваемое на приготовление, нанесение сушку клея в день.

Максимально разовый выброс оксида углерода и сернистого ангидрида  $G_B$  определяется по формуле

$$G_B = \frac{10^6 M_i^B}{3600 t_B n_B}, \quad (13.43)$$

где  $t_B$  – время вулканизации на одном станке в день, ч;

$n_B$  – количество дней работы станка в год.

### *Сварочно-наплавочный участок*

Сварку и наплавку деталей производят сварочными автоматами, полуавтоматами и ручным способом.

Количество выделяющихся загрязняющих веществ при сварке зависит от марки электрода и марки свариваемого металла, типа швов и других параметров сварочного производства.

Расчет количества загрязняющих веществ при сварке проводится по ТКП 17.08-02–2006 «Правила расчета выбросов при сварке, резке, механической обработке металлов».

Расчет валового выделения  $j$ -го загрязняющего вещества  $W_{jt}^{te}$ , т/год, при использовании  $i$ -го типа сварочного материала на отдельном источнике выделения в процессах сварки, наплавки, напыления металлизации, рассчитывается по формулам

$$W_{jt}^{te} = 10^{-6} \sum_{i=1}^k q_i^j B_i, \quad (13.44)$$

$$W_{jt}^{te} = 10^{-6} \sum_{m=1}^k q_m^j T, \quad (13.45)$$

где  $k$  – количество типов сварочного материала, применяемого на отдельном источнике выделения в течение года;

$q_i^j$  – удельное количество  $j$ -го загрязняющего вещества, выделяющегося при расплавлении единицы массы  $i$ -го типа сварочного материала на отдельном источнике выделения, г/кг, определяется по прилож. 16–18;

$q_m^j$  – удельное количество  $j$ -го загрязняющего вещества, выделяющегося на единицу оборудования в единицу времени на отдельном источнике выделения, г/кг, определяется по прилож. 18–20;

$B_i$  – количество используемого в течение года на отдельном источнике выделения  $i$ -го типа сварочного материала, кг/год;

$T$  – время проведения сварочных работ на отдельном источнике выделения в течение года, ч.

При расчете валового выброса  $j$ -го загрязняющего вещества от процессов газовой сварки удельные показатели – это удельное количество  $j$ -го загрязняющего вещества, выделяющегося на единицу массы расходуемого газа.

Валовой выброс  $j$ -го загрязняющего вещества  $W_j^{te}$ , т/год, поступающего в атмосферный воздух от  $z$ -го источника выброса от процессов сварки, наплавки, напыления, металлизации, определяется по формуле

$$W_j^{te} = \left(1 - \frac{\eta_z}{100}\right) K_w \sum_{i=1}^m W_{jt}^{te}, \quad (13.46)$$

где  $\eta_z$  – степень очистки газо-воздушной смеси  $z$ -го источника выброса, которая обеспечивается при использовании газоочистных и пылеулавливающих установок, %;

$K_w$  – поправочный коэффициент, учитывающий условия осаждения образующегося аэрозоля и равный 1,0 для азота диоксида, озона, окиси углерода, гидрофторида; равный 0,95 для остальных загрязняющих веществ. Поправочный коэффициент применяется к выделившимся загрязняющим веществам в случаях, если помещение не оборудовано системой общеобменной и местной вентиляции, отсутствуют газоочистные установки;

$m$  – количество отдельных источников выделения (рабочих мест), объединенных в один источник выброса.

Максимальное выделение  $j$ -го загрязняющего вещества  $G_{jt}^w$ , г/с, при использовании  $i$ -го типа сварочного материала на отдельном источнике выделения в процессах сварки, наплавки, напыления, металлизации, определяется по формуле

$$G_{jt}^w = \frac{\sum_{i=1}^k q_i^j b}{3600 t_{св}}, \quad (13.47)$$

где  $k$  – количество типов сварочного материала, используемого для производства работ в течение одного рабочего часа;

$b$  – количество используемого в течение одного рабочего часа на отдельном источнике выделения  $i$ -го типа сварочного материала, кг/ч;

$t_{\text{св}}$  – время проведения сварочных работ в течение одного рабочего часа, ч.

Максимальный выброс  $j$ -го загрязняющего вещества  $G_{jt}^w$ , г/с, поступающего в атмосферный воздух от  $z$ -го источника выброса от процессов сварки, наплавки, напыления, металлизации, определяется по формуле

$$G_j^w = \left(1 - \frac{\eta_z}{100}\right) K_w \sum_{t=1}^m G_{jt}^w, \quad (13.48)$$

где  $G_{jt}^w$  – максимальное выделение  $j$ -го загрязняющего вещества при использовании сварочного материала на отдельном источнике выделения в процессах сварки, наплавки, напыления, металлизации.

#### *Участок ремонта и испытания двигателей*

В состав участка входят рабочие места текущего ремонта двигателей и испытательная станция. Испытательная станция оборудуется специальными стендами, на которые устанавливается двигатель для проведения этих работ. При работе двигателя выделяются токсичные вещества: оксид углерода (CO), оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), углеводороды (CH), соединения серы ( $\text{SO}_2$ ), сажа (C) – у дизелей, соединения свинца (Pb).

Обкатка двигателей производится как без нагрузки (холостой ход), так и под нагрузкой. На режиме холостого хода выброс загрязняющих веществ определяется в зависимости от рабочего объема испытываемого двигателя. При обкатке под нагрузкой выброс загрязняющих веществ зависит от средней мощности, развиваемой двигателем при обкатке.

Валовый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества  $M_{i\text{об}}$  определяется по формуле

$$M_{i\text{об}} = M_{i\text{хх}} + M_{i\text{н}}, \quad (13.49)$$

где  $M_{i\text{хх}}$  – валовый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества при обкатке на холостом ходу, т/год;

$M_{in}$  – валовый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества при обкатке под нагрузкой, т/год.

Валовый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества при обкатке на холостом ходу

$$M_{ixx} = \sum_{i=1}^n 60P_{ixxn} t_{xxn} n_n 10^{-6}, \quad (13.50)$$

где  $P_{ixxn}$  – выброс  $i$ -го загрязняющего вещества при обкатке двигателя  $n$ -й модели на холостом ходу, г/с;

$t_{xxn}$  – время обкатки двигателя  $n$ -й модели на холостом ходу, мин;

$n_n$  – количество обкатанных двигателей  $n$ -й модели в год.

Значение  $P_{ixxn}$  определяют по формуле

$$P_{ixxn} = g_{xxб} V_{hn} \quad (13.51)$$

или

$$P_{ixxn} = g_{xxд} V_{hn}, \quad (13.51a)$$

где  $g_{xxб}$ ,  $g_{xxд}$  – удельный выброс  $i$ -го загрязняющего вещества, соответственно, бензиновым или дизельным двигателем  $n$ -й модели на единицу рабочего объема, г/л.с.;

$V_{hn}$  – рабочий объем двигателя  $n$ -й модели, л.

Валовый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества при обкатке двигателя под нагрузкой  $M_{ih}$ , т/год, определяется по формуле

$$M_{ih} = \sum_{i=1}^n 60P_{ih} t_{ih} n_n 10^{-6}, \quad (13.52)$$

где  $P_{ih}$  – выброс  $i$ -го загрязняющего вещества при обкатке двигателя  $n$ -й модели под нагрузкой, г/с;

$t_n$  – время обкатки двигателя  $n$ -й модели под нагрузкой, мин.

$$P_{ин} = g_{инб} N_{срн} \quad (13.53)$$

или

$$P_{ин} = g_{инд} N_{срн}, \quad (13.53a)$$

где  $g_{инб}$ ,  $g_{инд}$  – удельный выброс  $i$ -го загрязняющего вещества, соответственно, бензиновым и дизельным двигателями на единицу мощности, г/л.с;

$N_{срн}$  – средняя мощность, развиваемая при обкатке под нагрузкой двигателем  $n$ -й модели, л.с.

Расчет выбросов загрязняющих веществ ведется отдельно для бензиновых и дизельных двигателей.

Максимальный разовый выброс загрязняющих веществ  $G_i$  определяется только на нагрузочном режиме, так как при этом происходит наибольшее выделение загрязняющих веществ. Расчет производится по формуле

$$G_i = g_{инб} N_{срб} A_b + g_{инд} N_{срд} A_d, \quad (13.54)$$

где  $g_{инб}$ ,  $g_{инд}$  – удельный выброс  $i$ -го загрязняющего вещества, соответственно, бензиновым или дизельным двигателем на единицу мощности, г/л.с.·с;

$N_{срб}$ ,  $N_{срд}$  – средняя мощность, развиваемая при обкатке наиболее мощного бензинового или дизельного двигателя, л.с.;

$A_b$ ,  $A_d$  – количество одновременно работающих испытательных стендов для обкатки бензиновых или дизельных двигателей.

Если на предприятии имеется только один стенд, на котором обкатывают бензиновые или дизельные двигатели, то в качестве максимально разовых выбросов  $G_i$  принимаются значения для двигателей, имеющих наибольшие выбросы по  $i$ -му компоненту.

При холодной обработке двигателя расчет выбросов загрязняющих веществ не проводится.

#### *Разборочно-моечный участок*

Снятые с машины агрегаты подвергаются очистке. Большое значение имеет соблюдение параметров производственной и экологической безопасности при выполнении разборочно-сборочных работ.

Детали, подлежащие восстановлению, подвергаются мойке в моечных погружных машинах типа ОМ-12190 или ОМ-12191.

Очистку мелких деталей и метизов рекомендуется производить в машинах для мокрой галтовки типа ОМ-6068А.

Очистка на машинах, например, ОМ-2190, ОМ-12191, ОМ-14251 производится растворами синтетических и растворяюще-эмульгирующих моющих средств типа МЛ, МС, «Лабомид», АМ-15, Ритм-76 и др.

Прежде чем приступить к ремонту агрегатов, узлов и деталей автомобилей, их необходимо очистить от загрязнений и коррозии.

Широкое распространение в процессах очистки получили синтетические моющие средства (СМС), основу которых составляют поверхностно активные вещества (ПАВ) и щелочные соли («Лабомид-101, -203», «Темп-100Д» и др.). При использовании СМС в качестве моющего раствора выделяется аэрозоль кальцинированной соды.

Удельные выделения загрязняющих веществ при мойке деталей и агрегатов приведены в прилож. 19.

Валовый выброс загрязняющего вещества, т/год, при мойке определяется по формуле

$$M_i^M = 3600 g_i F_{3M} t_M n_M 10^{-6}, \quad (13.55)$$

где  $g_i$  – удельный выброс загрязняющего вещества, г/с·м<sup>2</sup> (прилож. 19);

$F_{3M}$  – площадь зеркала моечной ванны, м<sup>2</sup>;

$t_M$  – время работы моечной установки в день, ч;

$n_M$  – число дней работы моечной установки в год.

Максимально-разовый выброс загрязняющих веществ

$$G_i^M = g_i F. \quad (13.56)$$

***Мероприятия по снижению вредных выбросов  
от объектов ремонтного производства***

***Зарядка аккумуляторных батарей:***

- покрытие поверхности электролита маслом;
- покрытие открытых аккумуляторов стеклами для сокращения выделений аэрозолей электролита.

***Термическая и горячая (кузнечно-прессовые работы) обработка металлов:***

- использование электрических печей взамен печей, работающих на твердом, жидком и газообразном топливе;
- автоматизация режимов горения мазутных и газовых печей при невозможности их замены электрическими;
- использование жидкого топлива (мазута) с содержанием серы не более 0,5 %.

***Пайка:***

- использование припоев с содержанием свинца не более 70 %;
- применение газа и сжатого воздуха с интенсивностью открытого пламени, обеспечивающей только процесс расплавления припоя и разогрева шва;
- сведение к минимуму применения газовых горелок больших номеров с интенсивным пламенем;
- запрещение использования сжатого воздуха для обдува спаянных или облуженных поверхностей;
- периодическая мокрая уборка помещений.

***Нанесение лакокрасочных материалов:***

- применение лакокрасочных материалов, не содержащих органических растворителей, жидких безрастворительных материалов (многокомпозиционных полимерных материалов), порошковых и водоразбавляемых красок, а также красок с высоким содержанием сухого остатка;
- применение современных методов окраски, значительно уменьшающих расход лакокрасочных материалов (окувание, безвоздушное и электростатическое распыление);
- добавление в лакокрасочные материалы эмульсии способствующей улавливанию растворителей;
- возвращение в технологический цикл растворителей после превращения их в жидкость (рекуперация), а в случае сжигания – использование их в качестве дополнительного источника тепловой энергии.

### ***Рекомендации по очистке выбросов от оборудования технологических процессов***

Для улавливания газов (паров) и аэрозолей применяют различные сухие и мокрые очистные устройства и их комбинации. Выбор очистного устройства зависит от агрегатного состояния улавливаемых вредных веществ, их дисперсного состава и концентрации, физико-химических свойств (плотности, смачиваемости, гигроскопичности, растворимости и др.).

Работа установок очистки газа характеризуется такими показателями, как эффективность (степень) очистки, гидравлическое сопротивление газоочистного аппарата, расход энергоресурсов, стоимость установки и очистки. Эти показатели следует учитывать при выборе оптимального варианта очистки.

### ***Зарядка аккумуляторных батарей***

При необходимости очистки воздуха от капелек электролита рекомендуется использование фильтров типа ФЯЛ. Фильтры устанавливаются в вентиляционной камере вытяжной установки. Степень очистки – более 95 %. Рекомендуется также применение фильтров типа ФЯУ с фильтрующей тканью из супертонкого стекловолокна СФВУ.

### ***Термическая и горячая (кузнечно-прессовые работы) обработка металлов***

Для очистки воздуха от масляного тумана, образующегося при закалке деталей в минеральном масле, рекомендуется применять следующие очистные устройства:

- ротационные масляные фильтры ФРМ;
- высокоскоростные ступенчатые туманоуловители ФМ;
- ячейковые фильтры ФЯР; ФЯВ; ФЯП; ФЯУ.

Для очистки воздуха от твердых частиц (золы), образующихся при сжигании угля в кузнечных горнах, целесообразно применение блоков циклонов производительностью по газу 6000 м<sup>3</sup>/ч и эффективностью очистки 85–90 %.

### ***Пайка***

Для санитарной очистки аспирационного воздуха от тонкодисперсных аэрозолей соединений свинца применительно к операциям пайки и лужения радиаторных трубок рекомендуется двухступенчатый волокнистый фильтр с производительностью по воздуху

10 000 м<sup>3</sup>/ч. Первая ступень грубой очистки представляет собой кассету с одним слоем иглопробивного пропиленового войлока толщиной 4–5 мм и диаметром 70–80 мм. В качестве второй ступени используется несколько десятков элементов из иглопробивного лавсанового полотна, изготовленного из волокна диаметром 18 мкм.

Скорость фильтрации на первой ступени – около 3 м/с, на второй – 0,05–0,06 м/с. Первая ступень регенерируется путем промывания или заменяется.

#### *Нанесение лакокрасочных материалов*

Для очистки выбросов от паров растворителей рекомендуется использование термического способа обезвреживания (сжигания и катализа). Утилизация тепла при применении этого метода может быть использована для обогрева теплообменников вытяжного, циркуляционного или свежего воздуха в сушильных камерах, отопления цехов, подогрева воды и др.

Для очистки воздуха, удаляемого из краскораспылительных камер, от красочного аэрозоля применяются гидрофилтры (форсуночные; каскадные – с подачей воды на верхнюю плоскость, с переливом воды через борт лотка ванны; барботажно-вихревые (насосные, безнасосные)).

#### *Шиноремонтные работы*

Для улавливания пыли, образующейся при шероховке покрышек и камер автотракторных шин, подлежащих ремонту, рекомендуется применение конических циклонов.

При необходимости очистки воздуха от паров бензина, выделяющегося на операциях нанесения и сушки клея, рекомендуется применение адсорберов.

#### *Механическая обработка металлов*

Для очистки воздуха от масляного тумана, образующегося при холодной обработке металлов с использованием смазочно-охлаждающих жидкостей, рекомендуется применение волокнистых ротационных высокоскоростных фильтров и унифицированных установок типа УУП.

Для очистки воздуха от пыли, образующейся при обработке металлов без охлаждения, рекомендуется применение пылеотсасывающих установок.

В цехах с группами станков или автоматическими линиями рекомендуется применение циклонов ЦН-11, ЦН-15.

*Сварка, резка, наплавка и напыление при ремонте и восстановлении узлов и деталей машин*

Для очистки вентиляционных выбросов при производстве сварочно-наплавочных работ рекомендуется применение двухступенчатой очистки (с электрофильтром тонкой очистки в качестве второй ступени) и переносных дымоочистителей.

### **Контрольные вопросы и задания по теме занятия**

1. Какие вредные вещества выделяются в атмосферу при эксплуатации карбюраторных и дизельных ДВС?

2. Назовите пути обеспечения экологической безопасности тракторов и сельскохозяйственной техники.

3. Назовите мероприятия по снижению вредных выбросов при зарядке аккумуляторных батарей.

4. Назовите мероприятия по снижению вредных выбросов при проведении кузнечно-прессовых работ.

5. Назовите мероприятия по снижению вредных выбросов при проведении окрасочных работ.

6. Назовите мероприятия по снижению вредных выбросов при проведении шиноремонтных работ.

7. Назовите мероприятия по снижению вредных выбросов при сварке.

8. Назовите мероприятия по снижению вредных выбросов при механической обработке металла.

9. Рассчитайте выбросы загрязняющих веществ при зарядке и ремонте аккумуляторных батарей. Максимальное количество батарей, которые можно одновременно подсоединить к зарядному устройству – 3. Цикл проведения зарядки в день – 10 ч (прилож. 6).

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип аккумуляторной батареи	6СТ-45ЭМ	6СТ-50ЭМС	6СТ-60ЭМ	6ТСТ-75ЭМС	6СТ-128	3ТСТ-150ЭМС	6ТСТ-182ЭМС	3ТСТ-215ЭМС	6СТ-45ЭМ
Количество аккумуляторных батарей	25	27	32	21	19	30	24	22	29

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество разогревов тигля $n$ в год	11	16	15	12	10	20	13	14	17
Площадь зеркала тигля $F_3$ , м <sup>2</sup>	0,05	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,09	0,07	0,06
$\tau_1$ , с	170	160	175	190	200	180	185	165	195
$\tau_2$ , с	80	89	87	85	70	78	81	75	82

10. Рассчитайте выбросы загрязняющих веществ при обработке чугуна на токарном станке (прилож. 10).

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность электродвигателя станка, кВт	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	4,5	8,0	8,5
Время работы станка в год, ч	250	270	150	100	230	170	240	220	200
Время работы станка в день, ч	5	4,5	3	3,5	5,5	2,0	2,5	4,0	6,0
Тип охлаждающей жидкости	масло	эмульсия с солом 1,5 %	эмульсия с солом 6,5 %	эмульсия с солом 8,5 %	масло	эмульсия с солом 2,5 %	эмульсия с солом 6,5 %	эмульсия с солом 5,5 %	масло

11. Рассчитайте выбросы загрязняющих веществ при пайке паяльниками контактно-электрического разогрева и лужении с погружением в припой (прилож. 12).

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пайка									
Количество паяк $n$ в год	130	180	80	100	200	50	190	120	70
Масса израсходованного оловянно-свинцового припоя $m$ за год, кг	25	60	18	20	36	10	35	22	17

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время пайки $t$ в день, ч	2,5	3,0	2,0	2,5	4,5	1,0	3,5	4,0	1,5
Лужение с погружением в припой									
Площадь зеркала ванны (тигля) $F$ , м <sup>2</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Число дней работы ванны (тигля) $n$ в год	252	241	230	249	226	213	237	204	210
Время нахождения ванны (тигля) $t$ в рабочем состоянии, ч	1,5	1,0	2,0	3,0	2,5	2,0	1,5	3,0	1,0

12. Рассчитайте выбросы загрязняющих веществ при работе шероховального и вулканизационного станков (прилож. 17).

№ варианта:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество дней работы году:									
– шероховальный станок	100	150	130	70	85	110	120	95	80
– вулканизационный станок	305	195	250	310	308	280	210	264	200
Время работы станка в день, ч:									
– шероховальный станок	1,0	1,7	2,1	2,0	1,3	1,2	1,5	1,8	2,2
– вулканизационный станок	0,75	1,0	0,65	0,7	0,9	0,55	0,8	0,6	0,5
Время, на приготовление, нанесение и сушку клея в день, ч	1,5	1,0	1,3	2,0	1,4	1,6	1,1	1,9	1,2
Количество израсходованных ремонтных материалов, кг/год:									
– резина для ремонта	305	269	284	308	306	287	285	294	271
– клей	42	32	35	45	44	36	35	38	34
– бензин	0,4	0,25	0,37	0,45	0,42	0,38	0,36	0,39	0,34

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерная экология в АПК : пособие для студ. инж. спец. вузов / Л. В. Мисун, И. Н. Мисун, В. М. Грищук. – Минск : БГАТУ, 2007. – 304 с.

2. Конституция Республики Беларусь 1994 года (с изменениями и дополнениями, принятыми на республиканских референдумах 24 ноября 1996 г. и 17 октября 2004 г.). – Минск : Амалфея, 2013. – 48 с.

3. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. – М. : КолосС, 2005. – 216 с.

4. Машины сельскохозяйственные навесные и прицепные. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.111–85. – Введ. 1987-01-01. – Изменен 2006-01-01. – М. : БелГИСС. – 14 с.

5. Об охране труда : Закон Республики Беларусь, 23 июня 2008 г., № 356-З : в ред. Закона Республики Беларусь от 12.07.2013 г., № 61-З // КонсультантПлюс : Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – Минск, 2017.

6. Об утверждении Межотраслевых правил по охране труда при проведении погрузочно-разгрузочных работ: постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, 12 декабря 2005 г., № 173: в ред. постановления Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 19.11.2007 г., № 150 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2008. – № 8. – 2/17989.

7. Об утверждении Правил по обеспечению промышленной безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением: постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 28 января 2016 г., № 7 // Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by>. – Дата доступа: 14.03.2018.

8. Об утверждении Правил по охране труда при производстве и послеуборочной обработке продукции растениеводства: постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 15 апреля 2008 г., № 36 // Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by>. – Дата доступа: 14.03.2018.

9. Об утверждении Правил по охране труда при хранении, транспортировке и применении средств защиты растений в сельском хозяйстве: постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 23 января 2009 г., № 5// Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by>. – Дата доступа: 14.03.2018.

10. Об утверждении Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов: постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 28 июня 2012 г., № 37 // Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by>. – Дата доступа: 14.03.2018.

11. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к применению, условиям перевозки и хранения пестицидов (средств защиты растений), агрохимикатов и минеральных удобрений»: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 27 сентября 2012 г., № 149 // Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by>. – Дата доступа: 14.03.2018.

12. Охрана труда : учебник для студентов высших учебных заведений по технологическим специальностям / под общ. ред. А. А. Челнокова. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – 655 с.

13. Охрана труда в АПК : практикум (с грифом УМО в области управления) / В. Г. Андруш [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2013. – 162 с.

14. Применение пестицидов для защиты растений. Требования безопасности: ГОСТ 12.3.041–86. – Введ. 1987-01-01.– Минск : БелГИСС. – 8 с.

15. ТКП 17.08-02–2006 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов при сварке, резке, механической обработке металлов. – Минск : БелНИЦ «Экология», 2006. – 48 с.

16. ТКП 17.08-03–2006 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. Правила

расчета выбросов механическими транспортными средствами в населенных пунктах. – Минск : БелНИЦ «Экология», 2014. – 36 с.

17. ТКП 45-1.03-40–2006 (02250) Безопасность труда в строительстве. Общие требования.– Минск : РУП «Стройтехнорм», 2007 – 58 с.

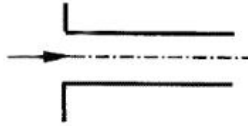
18. ТКП 45-1.03-44–2006 (02250) Безопасность труда в строительстве. Строительное производство.– Минск : РУП «Стройтехнорм», 2007 – 42 с.

19. Тракторы для сельского и лесного хозяйства. Безопасность. Часть 1. Тракторы стандартные: ГОСТ ISO 26322-1–2012. – Введ. 2016-04-01. – М. : БелГИСС. – 20 с.

20. Трудовой кодекс Республики Беларусь с комментарием наиболее важных изменений, внесенных Законом Республики Беларусь от 08.01.2015 г. № 238-З / автор комментария Л. И. Липень. – Минск : Амалфея, 2015. – 304 с.

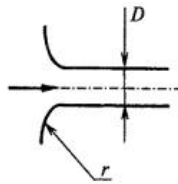
**Значение коэффициентов гидравлического сопротивления  
различных элементов трубопровода**

1. Вход в трубопровод с острой кромкой



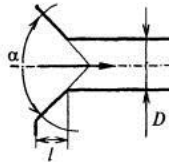
$$\xi_{\text{вх}} = 0,5$$

2. Вход с закругленной кромкой



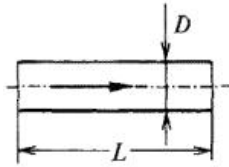
$r/D$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	0,16	0,20
$\xi_{\text{вх}}$	0,43	0,36	0,31	0,26	0,22	0,20	0,15	0,09	0,06	0,03

3. Вход с конической кромкой



$l/D$	$\alpha$ , град				
	10	20	30	40	60
0,025	0,47	0,45	0,43	0,41	0,40
0,050	0,45	0,41	0,36	0,33	0,30
0,075	0,42	0,35	0,30	0,26	0,23
0,100	0,39	0,32	0,25	0,22	0,18
0,150	0,37	0,27	0,20	0,16	0,15
0,600	0,27	0,18	0,13	0,11	0,10

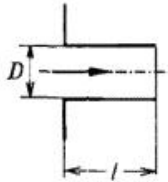
4. Прямолинейный участок



$$\xi_L = \frac{0,013L}{D^{1,25}}, \text{ приближенно } \xi_L = \xi_L^1 0,5L \quad (L \text{ и } D, \text{ м})$$

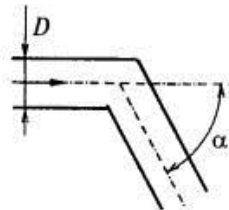
$D, \text{ м}$	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00
$\xi_L^1$	0,19	0,15	0,12	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03

5. Отверстие в стенке (короткий патрубок)



$L/D$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,6	2,0–3,0
$\xi_H$	2,85	2,72	2,60	2,34	1,95	1,76	1,60	1,55

6. Резкий поворот на угол  $\alpha$  (колени)



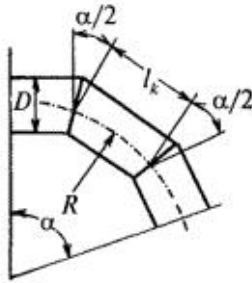
$$\xi_\alpha = \left(1 + \frac{0,2}{D}\right) \xi_\alpha^1$$

Продолжение приложения 1

$\alpha$ , град	15	20	30	45	60	75	90
$\xi_\alpha^1$	0,09	0,12	0,20	0,35	0,55	0,80	1,20

$D$ , м				Значение $\xi_a$			
0,20	0,18	0,24	0,40	0,70	1,10	1,60	2,40
0,25	0,16	0,22	0,36	0,63	0,99	1,44	2,16
0,30	0,15	0,20	0,33	0,58	0,92	1,33	2,00
0,40	0,14	0,18	0,30	0,53	0,83	1,20	1,80
0,50	0,13	0,17	0,28	0,49	0,77	1,12	1,68
1,00	0,11	0,14	0,24	0,42	0,66	0,96	1,44

7. Составной поворот на угол  $\alpha$



$$\text{а) } \alpha = 45^\circ, l_k = 1,17D, R = 2,95D, \xi_\alpha = 0,11 \left( 1 + \frac{0,2}{D} \right) + \frac{0,0153}{D^{0,25}};$$

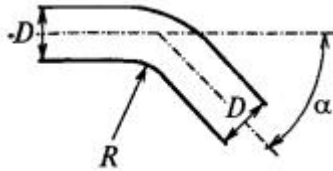
$$\text{б) } \alpha = 60^\circ, l_k = 1,23D, R = 2,3D, \xi_\alpha = 0,15 \left( 1 + \frac{0,2}{D} \right) + \frac{0,0161}{D^{0,25}};$$

$$\text{в) } \alpha = 90^\circ, l_k = 1,7D, R = 2,1D, \xi_\alpha = 0,3 \left( 1 + \frac{0,2}{D} \right) + \frac{0,0223}{D^{0,25}}.$$

Значения  $\xi_\alpha$

$\alpha$ , град	$D$ , м						
	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,80	1,00
45	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,15
60	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,20	0,20
90	0,63	0,57	0,53	0,48	0,44	0,40	0,38

8. Плавный поворот на угол  $\alpha$

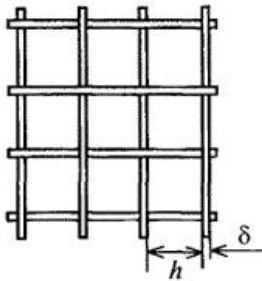


$$\xi_\alpha = \xi_\alpha^1 \frac{\alpha}{90}, \quad l_k = 1,17D, \quad R = 2,95D,$$

$$\xi_\alpha^1 = 0,0148 \left( 1 + \frac{0,2}{D} \right) + \frac{0,0414}{D^{0,25}}.$$

$D$ , м	0,20	0,25	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00	1,2
$\xi_\alpha^1$	0,36	0,32	0,30	0,27	0,25	0,23	0,22	0,21

9. Сетка в трубопроводе



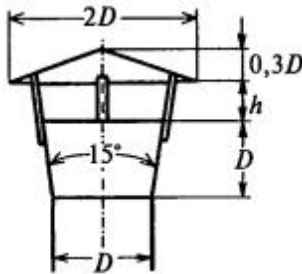
$$\xi_c = 3,5 \left( \frac{\delta}{h} \right)^2 \left[ \frac{1,3}{1 + \left( \frac{\delta}{h} \right)^2} + \left( \frac{\delta}{h} \right)^2 \right].$$

$D/h$	0,5	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
$\xi_c$	0,01	0,05	0,12	0,40	0,72	1,13

10. Выход из трубы с косым срезом

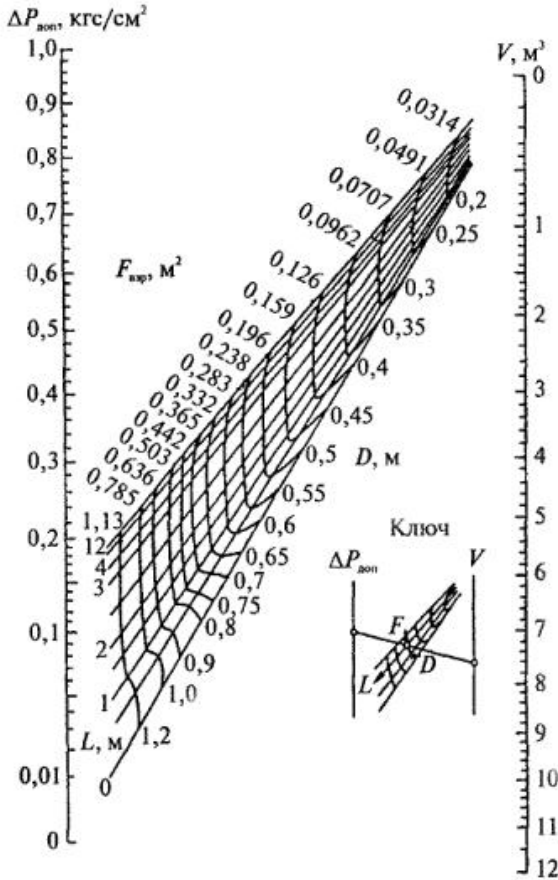


11. Выход из диффузора с зонтом



$H/D$	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50
$\xi_{\text{вых}}$	1	0,80	0,70	0,65	0,60

**Номограмма для определения площади (диаметра) проходного сечения взрыворазрядных устройств**



**Порядок пользования номограммой**

На левой вертикальной шкале представлены значения допустимого давления взрыва  $\Delta P_{\text{доп}}$ , кгс/см<sup>2</sup>, на правой вертикальной шкале – значения величины защищаемого объема  $V$ , м<sup>3</sup>.

Между вертикальными шкалами расположены десять прямых наклонных линий, каждая из которых соответствует определенной длине отводящего трубопровода  $L$ , м.

Наклонные линии пересекаются шестнадцатью кривыми линиями, соответствующими величине проходного сечения взрыворазрядного устройства: вверху – в виде площади проходного сечения  $F_{\text{взр}}$ , м<sup>2</sup>, внизу – в виде диаметра проходного сечения взрыворазрядного устройства  $D$ , м.

Ключ пользования номограммой приведен рядом с номограммой и заключается в следующем:

- необходимо определить в первом приближении значение диаметра проходного сечения взрыворазрядного устройства  $D_1$  (или площадь проходного сечения  $F_1$ ) по заданным значениям  $\Delta P_{\text{доп}}$ ,  $V$  и  $L$ ;

- нанести заданные значения  $\Delta P_{\text{доп}}$  и  $V$  на вертикальные шкалы номограммы, соединить их прямой линией и найти точку пересечения этой прямой с заданной линией  $L$ ;

- численное значение кривой  $D(F)$ , проходящей через полученную точку пересечения, и есть искомое значение диаметра взрыворазрядного устройства в первом приближении  $D_1$  (или площади проходного сечения  $F_1$ ).

При попадании точки пересечения между двумя кривыми  $D(F)$  в качестве  $D_1(F_1)$  следует принимать численное значение линии  $D(F)$ , ближайшей слева.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

№ п/п	Код загрязняющего вещества	Наименование загрязняющего вещества
1	0101	Алюминия оксид (в пересчете на алюминий)
2	0110	ДиВанадий пентоксид (пыль) (ванадия пятиокись)
3	0113	Вольфрама триоксид (вольфрамовый ангидрид, вольфрам (VI) оксид)
4	0118	Титана диоксид
5	0123	Железо (II) оксид (в пересчете на железо)
6	0134	Кобальт (кобальт металлический)
7	0138	Магния оксид
8	0143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)
9	0146	Медь (II) оксид (в пересчете на медь)
10	0163	Никель (никель металлический)
11	0164	Никеля оксид (в пересчете на никель)
12	0172	Алюминий, растворимые соли (нитрат, хлорид, алюминиевые квасцы, аммониевые, калиевые) (в пересчете на алюминий)
13	0203	Хром (VI)
14	0207	Цинка оксид (в пересчете цинк)
15	0266	ГексаАммоний молибден (аммоний парамолибдат) (в пересчете на молибден)
16	0301	Азот (IV) оксид (азота диоксид)
17	0309	Бор аморфный
18	0326	Озон
19	0337	Углерода оксид (окись углерода, угарный газ)
20	0342	Фтористые с единения газообразные (гидрофторид, кремний тетрафторид) (в пересчете на фтор)
21	2908	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 70 %

**Характеристики аккумуляторов**

Назначение и тип аккумуляторных батарей	Количество аккумуляторов в батарее, шт.	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, А·ч
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<b>Свинцовые стартерные для автомобилей:</b>			
3СТ-60	3	6	60
3СТ-70	3	6	70
3СТ-84	3	6	84
3СТ-98	3	6	98
3СТ-135	3	6	135
6СТ-42	6	12	42
6СТ-54	6	12	54
6СТ-68	6	12	68
6СТ-78	6	12	78
<b>Железониكلевые тяговые:</b>			
24ТЖН-500	24	30	500
28ТЖН-250	28	35	250
36ТЖН-300	36	45	300
80ТЖН-350	80	100	350
96ТЖН-350	96	120	350
<b>Железониكلевые для питания электрических аппаратов, приборов и других целей:</b>			
3ЖН-45	3	3,75	45
4ЖН-45	4	5,0	45
4ЖН-60	4	5,0	60
4ЖН-100	4	5,0	100
5ЖН-45	5	6,25	45
5ЖН-60	5	6,25	60
5ЖН-100	5	6,25	100
7ЖН-45	7	8,75	45
7ЖН-60	7	8,75	60
10ЖН-22	10	12,5	22
10ЖН-45	10	12,5	45
10ЖН-60	10	12,5	60
10ЖН-100	10	12,5	100
17ЖН-22	17	21,25	22

1	2	3	4
Свинцовые стартерные для тракторов:			
6СТ-45ЭМ	6	12	45
6СТ-50ЭМС	6	12	50
6СТ-60ЭМ	6	12	60
6ТСТ-75ЭМС	6	12	75
6СТ-128	6	12	128
3ТСТ-150ЭМС	3	6	150
6ТСТ-182ЭМС	6	12	182
3ТСТ-215ЭМ	3	6	215

**Удельные показатели выделения загрязняющих веществ  
при ремонте аккумуляторных батарей**

Наименование технологического процесса	Применяемые материалы	Температура, °С	Выделяемое загрязняющее вещество	
			наименование	удельные количества, г/с·м <sup>2</sup>
Восстановление (отливка) межэлементных перемычек и клеммных выводов	Расплав свинца	300–500	Свинец	0,0013
Приготовление битумной мастики для ремонта корпусов аккумуляторов	Расплав мастики	100–150	Масло минеральное (нефтяное)	0,003

**Пример расчета выбросов загрязняющих веществ при зарядке и ремонте аккумуляторных батарей**

*Исходные данные*

В МТП используются аккумуляторные батареи 6СТ-60ЭМ и 6СТ-75ЭМС. За год проводится 20 зарядок батарей 6СТ-60ЭМ и 20 зарядок батарей 6СТ-75ЭМС. Максимальное количество батарей, которые можно одновременно подсоединить к зарядному устройству – 3. Цикл проведения зарядки в день – 10 ч. За год производится 10 ремонтов аккумуляторных батарей, то есть количество разогревов тигля в год  $n = 10$ . Площадь зеркала тигля, в котором плавится свинец (битумная мастика)  $F = 0,08 \text{ м}^2$ . Время нахождения мастики в расплавленном виде в тигле при одном разогреве  $\tau_1 = 180 \text{ с}$ , свинца –  $\tau_2 = 90 \text{ с}$ .

*Решение*

Номинальная емкость аккумуляторной батареи 6СТ-60ЭМ равна  $Q_1 = 60 \text{ А} \cdot \text{ч}$ , батареи 6СТ-75ЭМС –  $Q_2 = 75 \text{ А} \cdot \text{ч}$ . Удельное выделение серной кислоты составляет  $0,9 \text{ мг/А} \cdot \text{ч}$ .

По формуле (13.9) рассчитывается валовой выброс серной кислоты:

$$\begin{aligned} M_i &= 10^{-9} g_j (Q_1 a_1 + \dots + Q_n a_n) = \\ &= 0,9(60 \cdot 20 + 75 \cdot 20) 10^{-9} = 0,00000243 \text{ т/год.} \end{aligned}$$

По формуле (13.13) рассчитывается валовой выброс серной кислоты за сутки:

$$M_{\text{сут}} = 10^{-9} g_j Q' n' = 0,9 \cdot 75 \cdot 3 \cdot 10^{-9} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ т/сутки.}$$

По формуле (13.14) рассчитывается максимальный разовый выброс серной кислоты:

$$G_{\text{раз}}^A = \frac{10^6 M_{\text{сут}}}{3600t} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot 10^6}{3600 \cdot 10} = 5,6 \cdot 10^{-5} \text{ г/с.}$$

Валовый выброс аэрозоля масла и свинца рассчитывается по формуле (13.15).

Удельный выброс масла и свинца определяется по прилож. 5.

$$\begin{aligned}M_{\text{CH}} &= 10^{-6} g_{\text{RCH}} F_3 \tau_1 n_T = \\ &= 0,003 \cdot 0,08 \cdot 180 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0,432 \cdot 10^{-6} \text{ т/Год.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{\text{Pb}} &= 10^{-6} g_{\text{RPb}} F_3 \tau_1 n_T = \\ &= 0,0013 \cdot 0,08 \cdot 90 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0,0936 \cdot 10^{-6} \text{ т/Год.}\end{aligned}$$

**Удельное выделение пыли  
при механической обработке металла без охлаждения**

Оборудование	Определяющая характеристика оборудования	Удельный выброс загрязняющих веществ, г/ч
	диаметр шлифовального круга, мм	
Круглошлифовальные станки	100	100,8
	150	118,4
	300	154,8
	350	169,2
	400	180,0
	600	234,0
	750	270,0
Плоскошлифовальные станки	900	309,6
	175	129,6
	250	151,2
	350	180,0
	400	198,0
	450	212,4
Бесцентрошлифовальные станки	500	226,8
	от 30 до 100 включ.	46,8
	от 395 до 500	68,4
Заточные станки с абразивным кругом	от 500 до 600	90,0
	100	25,2
	150	36,0
	200	57,6
	250	72,0
	300	86,4
	350	108,0
	400	129,6
	450	144,0
500	165,6	
550	180,0	
Отрезные станки		730,8
Сверлильные станки		25,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

**Удельное выделение пыли при механической обработке чугуна, цветных металлов на станках без охлаждения**

Вид обработки, оборудование	Выделяемое вещество	Удельное количество выделяемой пыли ( $g^c$ ), г/ч
Обработка чугуна резанием: – токарные станки – фрезерные станки – сверлильные станки – расточные станки	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 70 %	20,16 15,12 7,92 7,56
Обработка резанием цветных металлов: – токарные станки – фрезерные станки – сверлильные станки – расточные станки	Меди (II) оксид в пересчете на медь	9,00 6,84 1,44 2,52

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

**Удельное выделение аэрозолей масла и эмульсола  
при механической обработке металлов с охлаждением  
(г/ч на 1 кВт мощности станка)**

Наименование технологического процесса, вид оборудования	Удельное количество выделяющегося в атмосферу масла (эмульсола), $10^{-2}$ (г/ч) на 1 кВт мощности станка ( $g_{\text{соз}}^c$ )
Обработка металлов на токарных, сверлильных, фрезерных, строгальных, протяжных, резбонакатных, расточных станках:	
– с охлаждением маслом	2,02
– с охлаждением эмульсией	
с содержанием эмульсола менее 3 %	0,18
– с охлаждением эмульсией	
с содержанием эмульсола 3–10 %	0,16
Обработка металлов на шлифовальных станках:	
– с охлаждением маслом	28,8
– с охлаждением эмульсией	
с содержанием эмульсола менее 3 %	0,37
– с охлаждением эмульсией	
с содержанием эмульсола 3–10 %	3,73

**Пример расчета выбросов загрязняющих веществ при обработке чугуна на токарном станке**

*Исходные данные*

Обрабатывается чугун резанием на токарном станке. Мощность электродвигателя станка – 7,5 кВт. Токарный станок работает 252 дня в году. Чистое время работы станка в день составляет 4 ч. Охлаждение производится эмульсией с содержанием эмульсола менее 3 %.

*Решение*

По прилож. 8 определяется удельное выделение чугунной пыли при работе токарного станка:

$$g_{i}^c = 20,16 \text{ г/ч} = 0,0056 \text{ г/с.}$$

По формуле (13.17) определяется валовой выброс чугунной пыли при резании:

$$M_c^c = 3600 g_{i \text{ ст}}^c t_{\text{ст}} n_{\text{ст}} 10^{-6} = 3600 \cdot 0,0056 \cdot 4 \cdot 252 \cdot 10^{-6} = 0,0203 \text{ т/год.}$$

При использовании СОЖ образуется мелкодисперсный аэрозоль, валовой выброс которого рассчитывается по формуле (13.20).

По прилож. 9 определяется удельное выделение эмульсола:

$$g_{\text{СОЖ}}^c = 0,18 \text{ г/ч} = 0,00005 \text{ г/с.}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{СОЖ}}^c &= 3600 g_{\text{СОЖ}}^c P t_{\text{ст}} n_{\text{ст}} 10^{-6} = \\ &= 3600 \cdot 0,00005 \cdot 7,5 \cdot 4 \cdot 252 \cdot 10^{-6} = 0,00136 \text{ т/год.} \end{aligned}$$

Максимальный разовый выброс аэрозоля при применении СОЖ рассчитывается по формуле (13.21):

$$G_{\text{СОЖ}}^a = g_{\text{СОЖ}}^c P = 0,00005 \cdot 7,5 = 0,000375 \text{ г/с.}$$

**Удельные выделения загрязняющих веществ  
при пайке и лужении**

Вид выполняемых работ	Применяемые вещества и материалы	Выделяемое загрязняющее вещество			
		наименование	удельное количество (g)		
			г/кг	г/с	г/с·м <sup>2</sup>
Пайка паяльниками с косвенным нагревом	Оловянно-свинцовые припой ЛОС-30, 40, 60, 70	Свинец и его соединения	0,51		
		Олова оксид	0,28		
Пайка электропаяльниками мощностью 20–60 Вт	Медно-цинковые Л-60, Л-62 ПОС-30  ПОС-40  ПОС-60	Меди оксид	0,072		
		Цинка оксид	6,4		
		Свинец и его соединения		0,0075·10 <sup>-3</sup>	
		Олова оксид		0,0033·10 <sup>-3</sup>	
		Свинец и его соединения		0,0050·10 <sup>-3</sup>	
		Олова оксид		0,0033·10 <sup>-3</sup>	
		Свинец и его соединения		0,0044·10 <sup>-3</sup>	
Лужение погружением в припой	ПОС-60 ПОС-40 ПОС-30 ПОС-70	Свинец и его соединения Олова оксид			0,11·10 <sup>3</sup>
					0,05·10 <sup>3</sup>

**Пример расчета выбросов загрязняющих веществ при пайке и лужении**

1. *Исходные данные:* пайка с применением паяльников контактно-электрического разогрева (стенд ОН 213). Масса израсходованного оловянно-свинцового припоя за год  $m = 30$  кг. Количество паяк в год  $n = 170$ . Чистое время пайки в день  $t = 2,5$  ч.

Удельные выделения (прилож. 11):

– свинца и его соединений  $g_{Pb} = 0,51$  г/кг;

– оксида олова  $g_{Sn} = 0,28$  г/кг.

*Решение*

Расчет валовых выбросов производится по формуле (13.22):

– свинец и его соединения:

$$M_{Pb}^n = 10^{-6} g_{Pb} m_{пр} = 0,51 \cdot 30 \cdot 10^{-6} = 0,000\,015\,3 \text{ т/год.}$$

– оксид олова:

$$M_{Sn}^n = 10^{-6} g_{Sn} m_{пр} = 0,28 \cdot 30 \cdot 10^{-6} = 0,000\,008\,4 \text{ т/год.}$$

Расчет максимальных разовых выбросов производится по формуле (13.25):

– свинец и его соединения:

$$G_{Pb}^n = \frac{10^6 M_{Pb}^n}{3600 t_{п} n_{п}} = \frac{0,000\,015\,3 \cdot 10^6}{3600 \cdot 170 \cdot 2,5} = 0,000\,01 \text{ г/с.}$$

– оксид олова:

$$G_{Sn}^n = \frac{10^6 M_{Sn}^n}{3600 t_{п} n_{п}} = \frac{0,000\,008\,4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 170 \cdot 2,5} = 0,000\,005\,4 \text{ г/с.}$$

2. *Исходные данные:* лужение с погружением в припой. Площадь зеркала ванны (тигля)  $F_B = 0,01 \text{ м}^2$ . Число дней работы ванны (тигля) в год  $n_B = 252$ . Время нахождения ванны (тигля) в рабочем состоянии  $t_B = 1,5 \text{ ч}$ .

Удельные выделения (прилож. 11):

– свинец и его соединения  $g_{Pb} = 0,11 \cdot 10^{-3} \text{ г/(с} \cdot \text{м}^2)$ ;

– оксид олова  $g_{Sn} = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ г/(с} \cdot \text{м}^2)$ .

*Решение*

Расчет валовых выбросов производится по формуле (13.24):

– свинец и его соединения:

$$M_{Sn}^{\text{л}} = 3600 F_B g_{Sn} t_B n_B 10^{-6} = 3600 \cdot 0,11 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 \cdot 1,5 \cdot 252 \cdot 10^{-6} = 0,0000015 \text{ т/год.}$$

– оксид олова:

$$M_{Sn}^{\text{л}} = 3600 F_B g_{Sn} t_B n_B 10^{-6} = 3600 \cdot 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 \cdot 1,5 \cdot 252 \cdot 10^{-6} = 0,0000007 \text{ т/год.}$$

Расчет максимальных разовых выбросов производится по формуле (13.26):

– свинец и его соединения:

$$G_{Pb}^{\text{л}} = g_{Pb} F_B = 0,11 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 = 0,0000011 \text{ г/с.}$$

– оксид олова:

$$G_{Sn}^{\text{л}} = g_{Sn} F_B = 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 = 0,0000005 \text{ г/с.}$$

Общие валовые выбросы:

– свинец и его соединения:

$$\sum M_{Pb} = 0,0000153 + 0,0000015 = 0,0000168 \text{ т/год.}$$

– оксид олова:

$$\sum M_{\text{Sn}} = 0,0000084 + 0,0000007 = 0,0000091 \text{ т/год.}$$

Общие максимальные разовые выбросы:

– свинец и его соединения:

$$\sum G_{\text{Pb}} = 0,00001 + 0,0000011 = 0,0000111 \text{ г/с;}$$

– оксид олова:

$$\sum G_{\text{Sn}} = 0,0000054 + 0,0000005 = 0,0000059 \text{ г/с.}$$

**Выделение вредных веществ при окраске**

Способ нанесения покрытия	Доля лакокрасочного аэрозоля, выделяющегося при нанесении покрытия, % от массы твердой составляющей материала $f_a$	Доля летучих растворителей от общего их содержания в лакокрасочном материале $f_p$	
		$f_{po}$	$f_{pc}$
Пневматический	30,0	25	75
Безвоздушный	2,5	23	77
Гидроэлектростатический	1,0	25	75
Пневмоэлектростатический	3,5	20	80
Электростатический	0,3	50	50
Горячее распыление	20,0	22	78
Окунание	–	28	72
Струйный облив	–	35	65
Электроосаждение	–	10	90

**Состав лакокрасочных материалов и их назначение**

Марка лакокрасочного материала	Назначение лакокрасочного материала	Доля твердой составляющей в лакокрасочном материале $f_r$ , %	Доля летучей части в лакокрасочном материале $f_p$ , %	Наименование загрязняющего вещества, входящего в летучую часть лакокрасочного материала	Содержание загрязняющих веществ в летучей части лакокрасочного материала $f_k$ , %
1	2	3	4	5	6
<b>I. Растворители, разбавители, обезжириватели</b>					
<i>CLeacut</i>	Очиститель поверхности перед консервацией	–	100,0	Амиловый спирт Ацетон Бутилацетат Ксилол Псевдокумол Стирол Этилбензол Этилцеллозольв Углеводороды $C_1-C_{10}$	1,58 3,34 54,86 13,65 2,75 0,96 5,24 4,26 13,36
<i>Standox mSb-11050 82608</i>	Растворитель	–	100,0	Бутилацетат Ксилол Уайт-спирит Этилбензол	32,23 11,50 52,32 3,95
<i>Standox SiLicon RemoVeR 86786</i>	Растворитель силикона	–	100,0	Бутилацетат Ксилол Толуол Уайт-спирит Этилбензол	3,68 9,61 4,56 79,31 2,84
<i>Standox Combi VeRdunnung</i>	Комбинированный растворитель	–	100,0	Ацетон Бутилацетат Толуол	25,19 20,27 54,53

1	2	3	4	5	6
2. Грунтовки, порозаполнители, шпатлевки, герметики и отвердители для них					
<i>Standex Rapid-Spachtel 86077</i>	Быстротвердеющая шпатлевка	76,43	23,57	Ацетон Бутилацетат Диоксан Ксилол Метанол Пропанол Толуол Этилацетат Этилметилбензол Углеводороды C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub>	0,19 2,30 6,38 3,12 4,10 0,29 4,47 18,87 55,11 5,17
<i>Standex 2k, pLaStic-haRdeneR 82551</i>	Двухкомпонентный грунт-порозаполнитель для пластмасс	70,91	29,09	Бутилацетат Диоксан Ксилол Толуол Уайт-спирит Этилбензол Этилметилбензол	2,04 0,81 66,07 0,18 6,54 23,82 0,54
<i>Standex 3m, SupeR Seam Seal</i>	Шовный герметик	70,03	29,97	Бутилацетат Диоксан Ксилол Метанол Толуол Этилацетат Этилбензол Этилметилбензол Углеводороды C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub>	1,75 36,55 2,25 22,17 28,52 2,16 0,65 1,70 4,25
<i>2k-CoLoR-fuLeR</i>	Однокомпонентный грунт-порозаполнитель	68,09	31,91	Бутилацетат Ксилол Кумол Уайт-спирит Этилбензол	68,17 16,64 0,12 7,44 7,63

1	2	3	4	5	6
<i>ChaRcoaL gReen- pcRL 6861</i>	Базовая краска	42,68	57,32	Ацетон Бензол Бутилацетат Углеводороды C <sub>1</sub> - C <sub>10</sub> Амилацетат Пропанол Ксилол Метанол Этилацетат Этилбензол	8,32 0,47 51,99 16,76  4,22 1,08 12,73 2,02 0,04 2,37
<i>Standox 2k kLSRLak 20-60 84163</i>	Двухкомпо- нентный автолак	52,78	47,22	Амилацетат Амиловый спирт Бензол Бутилацетат Углеводороды C <sub>1</sub> - C <sub>10</sub> Дибутилформамид Ксилол Псевдокумол Стирол Толуол Этилбензол Этилцеллозольв Этилметилбензол	0,60 3,45 0,41 1,13 40,65  2,39 16,75 2,39 0,19 0,21 5,12 13,18 2,91
<i>IRfaceR and coat</i>	Полироль	42,35	57,65	Амиловый спирт Бутилацетат Ксилол Псевдокумол Стирол Уайт-спирит Этилбензол Этилцеллозольв Этилметилбензол	1,01 78,69 5,29 2,36 0,59 6,78 1,22 3,29 0,78

1	2	3	4	5	6
<i>Standox 2K eLaStikad-ditiVe 84279</i>	Добавка пластификатор для шпатлевок	7,93	92,07	Амилацетат	0,50
				Бутилацетат	32,21
				Ксилол	30,57
				Псевдокумол	1,38
				Стирол	2,49
				Уайт-спирит	15,73
				Этилбензол	10,75
				Этилцеллозольв	4,46
				Этилметилбензол	1,98
<b>3. Порошковые краски (импортные)</b>					
<i>FapRoxid серии 700</i>	Термостойкие покрытия	99,47	0,53	Бутилацетат	33,36
				Углеводороды C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub>	15,26
				Толуол	11,65
				Этилбензол	35,73
<i>FapRoxid серии 710</i>	Термостойкие покрытия	99,49	0,51	Бутилацетат	22,27
				Углеводороды C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub>	31,83
				Толуол	5,33
				Этилбензол	40,58
<i>KR HeR-beRtS PowdeR CoatingS</i>	Термостойкие покрытия	99,03	0,97	Бутилацетат	13,21
				Углеводороды C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub>	19,10
				Бутанол	4,43
				Ксилол	34,0
				Кумол	5,54
				Стирол	1,79
				Толуол	4,28
				Этилацетат	1,60
				Этилбензол	12,75
Этилцеллозольв	3,31				
<b>4. Шпатлевки</b>					
МЧ-0054	89	11		Спирт н-бутиловый	40
				Ксилол	40
				Этиленгликоль	10
				Этилкарбитол	10

1	2	3	4	5	6
НЦ-007	65	35	Ацетон		3
			Бутилацетат		18
			Этилацетат		9
			Спирт н-бутиловый		10
			Спирт этиловый		10
			Толуол		50
ЭП-0010	90	10	Толуол		55,07
			Спирт этиловый		44,93
ХВ-005	33	67	Ацетон		25,8
			Бутилацетат		12,1
			Толуол		62,1
5. Грунтовки					
АК-070	14	86	Ацетон		20,04
			Спирт н-бутиловый		12,6
			Ксилол		67,36
ГФ-031	54	46	Ксилол		28,7
			Уайт-спирит		35,65
			Сольвент		35,65
ВЛ-02	21	79	Спирт н-бутиловый		28,2
			Спирт этиловый		37,6
			Ксилол		6
			Ацетон		28,2
НЦ-173	3,1	96,9	Спирт н-бутиловый		4
			Спирт этиловый		77,7
			Бутилацетат		6,4
			Этилацетат		5,2
			Толуол		3,6
			Этилцеллозольв		3,1
6. Эмали					
АК-194	28	72	Бутилацетат		50
			Спирт н-бутиловый		20
			Спирт этиловый		10
			Толуол		20
ГФ-92	49	51	Уайт-спирит		8
			Ксилол		90
			Спирт н-бутиловый		2
МЛ-12	50,5	49,5	Спирт н-бутиловый		20,78
			Уайт-спирит		20,14
			Этилцеллозольв		1,4
			Сольвент		57,68

1	2	3	4	5	6
НЦ-25	34	66	Бутилацетат	10	
			Этилцеллозольв	8	
			Ацетон	7	
			Спирт этиловый	15	
			Толуол	45	
			Бутанол	15	
7. Лаки					
АК-113	7	93	Бутилацетат	50,1	
			Спирт н-бутиловый	19,98	
			Спирт этиловый	9,94	
			Толуол	19,98	
БТ-99	44	56	Уайт-спирит	4	
			Ксилол	96	
ГФ-92	54,5	45,5	Спирт н-бутиловый	2	
			Уважаемые господа, айт-спирит	8 90	
			Ксилол		
НЦ-134	12	88	Ацетон	3	
			Бутилацетат	18	
			Спирт бутиловый	10	
			Спирт этиловый	10	
			Толуол	50	
			Этилцеллозольв	9	
8. Растворители					
Р-4	–	100	Ацетон	26	
			Бутилацетат	12	
			Толуол	62	
РЛ-298	–	100	Этилцеллозольв	30	
			Ксилол	70	
РП	–	100	Ацетон	25	
			Ксилол	75	
№ 647	–	100	Спирт н-бутиловый	7,7	
			Бутилацетат	29,8	
			Этилцеллозольв	21,2	
			Толуол	41,3	

1	2	3	4	5	6
<b>9. Разбавители для электроокраски</b>					
РЭ-1В	–	100	Сольвент Спирт н-бутиловый Спирт диацетоновый	70 20 10	
Р-7В	–	100	Спирт диацетоновый Бутилацетат Ксилол Циклогексанон	10 25 60 5	
РЭС-5107	–	100	Бутилацетат Ксилол Толуол	17 17 66	
РП	–	100	Ацетон Ксилол	25 75	

**Удельное выделение пыли при шероховке**

Наименование операции	Наименование выделяемых загрязняющих веществ	Удельное выделение при работе единицы оборудования, г/с
Шероховка мест повреждения камер	Пыль	0,0226

**Удельные выделения загрязняющих веществ  
в процессе ремонта резинотехнических изделий**

Операция технологического процесса	Применяемые вещества и материалы	Выделяемые загрязняющие вещества	
		наименование	удельное количество, г/кг
Приготовление, нанесение и сушка клея	Технический каучук, бензин	Бензин	900
Вулканизация камер	Вулканизирован- ная камерная резина	Ангидрид сернистый	0,0054
		Углерода оксид	0,0018

**Пример расчета выбросов загрязняющих веществ при работе шероховального и вулканизационного станков**

*Исходные данные*

Шероховальный станок работает 100 дней в году, вулканизационный – 300 дней в году. Среднее время работы шероховального станка в день составляет 1 ч, вулканизационного – 0,75 ч. Время, необходимое на приготовление, нанесение и сушку клея в день, – 1,5 ч. Количество израсходованных ремонтных материалов:

- резина для ремонта – 300 кг в год;
- клей – 40 кг в год;
- бензин – 0,4 кг в день.

*Решение*

Определяется удельное выделение пыли при шероховке (прилож. 13):

$$g_n = 0,0226 \text{ г/с.}$$

Валовой выброс пыли определяется по формуле (13.40):

$$M_i^n = 3600 g_n n_{\text{шт}} t_{\text{шт}} 10^{-6} = 3600 \cdot 0,0226 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,0081 \text{ т/год.}$$

Максимальный разовый выброс резиновой пыли равен

$$G_n = g_n = 0,0226 \text{ г/с.}$$

Валовые выбросы бензина, углерода оксида и ангидрида сернистого определяются по формуле (13.41).

Удельные выделения загрязняющего вещества определяются по прилож. 16.

- бензин:

$$M_6^B = 10^{-6} g_6^B B = 10^{-6} \cdot 900 \cdot 40 = 0,036 \text{ т/год;}$$

– углерода оксид:

$$M_{\text{CO}}^{\text{B}} = 10^{-6} g_{\text{CO}}^{\text{B}} B = 10^{-6} \cdot 0,0018 \cdot 300 = 0,54 \cdot 10^{-6} \text{ т/год};$$

– ангидрид сернистый:

$$M_{\text{SO}_2}^{\text{B}} = 10^{-6} g_{\text{SO}_2}^{\text{B}} B = 10^{-6} \cdot 0,0054 \cdot 300 = 1,62 \cdot 10^{-6} \text{ т/год}.$$

Максимальный разовый выброс бензина определяется по формуле (13.42):

$$G_{\text{G}} = \frac{g_i^{\text{B}} B'}{3600 t_c} = 900 \cdot 0,4 / (1,5 \cdot 3600) = 0,067 \text{ г/с}.$$

Максимальный разовый выброс углерода оксида и ангидрида сернистого определяется по формуле (13.43):

$$G_{\text{B}} = \frac{10^6 M_i^{\text{B}}}{3600 t_{\text{B}} n_{\text{B}}} = \frac{(0,54 \cdot 10^{-6} + 1,62 \cdot 10^{-6}) 10^{-6}}{0,75 \cdot 300 \cdot 3600} = 2,66 \cdot 10^{-6} \text{ г/с}.$$

**Удельные выделения загрязняющих веществ  
при ручной электродуговой сварке штучными электродами**

Технологическая операция, сварочный или наплавочный материал и его марка (ручная дуговая сварка сталей штучными электродами)	Количество выделяющихся загрязняющих веществ, г/кг ( $g_i^c$ )									
	Сварочный аэрозоль	в том числе				прочие		вторичный водород	азота диоксид	углерода оксид
		марганец и его соединения	железа оксид	пыль неорганическая, содержащая $SiO_2$ (20–70)	наименование	количество				
УОНИ 13/45	16,31	0,92	10,69	1,40	Фториды (в пересчете на $F$ )	3,3	0,75	1,50	13,3	
УОНИ 13/55	16,99	1,09	13,90	1,00		1,00	0,93	2,70	13,3	
АНО-1	9,6	0,43	9,17	–	–	–	2,13	–	–	
ОЗС-3	15,3	0,42	14,88	–	–	–	–	–	–	
МР-4	11,5	1,73	9,77	–	–	–	0,40	–	–	

**Удельные выделения загрязняющих веществ  
при газосварочных работах**

Технологическая операция	Выделяемое загрязняющее вещество		
	наименование	количественные характеристики	
		единица измерения	количество
Газовая сварка стали ацетиленокислородным пламенем	азота диоксид	г/кг ацетилена	22,0
То же с использованием пропан-бутановой смеси	азота диоксид	г/кг смеси	15,0

**Удельные выделения загрязняющих веществ  
при газовой резке металлов**

Технологический процесс	Характеристика разрезаемого металла		Наименование и удельные выделения загрязняющих веществ ( $g^P$ ), г/ч						
	металл	толщина, мм	сварочный аэрозоль	в том числе				углерода оксид	азота оксид
				хрома оксид	марганец и его соединения	железа оксид	кремния оксид		
Газовая резка металла	Сталь углеродистая	5	74,0	–	1,1	72,9	–	49,5	39,0
		10	131,0	–	1,9	129,1	–	63,4	64,1
		20	200,0	–	3,0	197,0	–	65,0	53,2
	Сталь качественная	5	82,5	1,25	–	81,25	–	42,9	33,6
	легированная	10	145,5	2,5	–	143,0	–	55,2	43,4
		20	222,0	5,0	–	217,0	–	57,2	44,9
	Сталь высокомарганцевистая	5	80,1	–	1,6	78,2	0,3	46,2	36,3
		10	142,2	–	2,8	138,8	0,6	58,2	46,6
		20	217,5	–	4,4	212,2	0,9	59,9	48,8

**Удельные выделения загрязняющих веществ  
при мойке деталей, узлов и агрегатов**

Вид выполняемых работ	Наименование применяемого вещества	Выделяемое загрязняющее вещество (на единицу площади зеркала ванны)	
		наименование	удельное количество (g/l, г/с·м <sup>2</sup> )
Мойка и расконсервация деталей	Керосин	Керосин	0,433
Мойка деталей в растворах СМС, содержащих 40–50 % кальцинированной соды	Лабомид: 101 202 203 Темп-100Д	Натрия карбонат (кальцинированная сода)	0,0016

Учебное издание

**Кот** Татьяна Петровна,  
**Абметко** Оксана Викторовна

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В АПК.  
ПРАКТИКУМ

В двух частях  
Часть 2

Ответственный за выпуск *В. Г. Андруш*  
Редактор *Т. В. Каркоцкая*  
Компьютерная верстка *Е. А. Хмельницкой, Т. В. Каркоцкой*  
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 18.05.2018. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 19,06. Уч.-изд. л. 14,91. Тираж 99 экз. Заказ 32.

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, 99–2, 220023, Минск