

Каранков
855-442

0148 ✓

Министерство высшего и среднего
специального образования РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЦЕЛЛЮЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ЛТИ ЦБП

Кафедра охраны труда

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Методические указания
и контрольные задания по курсу "Охрана труда"
для студентов-заочников специальностей
0308, 0558, 0639, 0904, 1720

Л е н и н г р а д
1985

УДК 676.019.8 (07.07)

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой охраны труда Ленинградского Ордена Трудового Красного Знамени технологического института целлюлозно-бумажной промышленности (протокол №12 от 23 июня 1986г.).

Утверждены к изданию учебно-методической комиссией по вечернему и заочному обучению (протокол № I от 29.09 1986г.).

Составители: канд. техн. наук, доцент В.Г.А н д р е е в;
канд. техн. наук, доцент В.И.Я к и м о в

Рецензенты: кафедра биомедицинской кибернетики и охраны труда Северо-Западного политехнического института (зав. кафедрой, д-р биол. наук, профессор Гуткин В.И.; ассистент, канд. техн. наук Толкачев С.В.);
Доцент кафедры оборудования пищевых производств охраны труда и биосферы Ленинградского технологического института холодильной промышленности, канд. техн. наук Пласин В.А.

Методические указания содержат общие требования к контрольным заданиям, варианты контрольных заданий по разделу "Техника безопасности". Приводится список рекомендуемой литературы.

Методические указания предназначены для студентов-заочников всех специальностей.

Меню

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

ПРЕДИСЛОВИЕ

XXVI съезд Коммунистической партии Советского Союза определил высшей целью экономической стратегии дальнейший неуклонный подъем материального и культурного уровня жизни народа. Реализация этой цели в 12-й пятилетке и в период до 2000 года требует ускорения социально-экономического развития, интенсификации и повышения эффективности производства на базе кардинального ускорения научно-технического прогресса. В предстоящий период необходимо обеспечить дальнейший подъем благосостояния всех слоев и социальных групп населения, глубокие перемены в сфере труда и условиях жизни людей. "Существенно улучшить условия труда, добиваться более быстрого сокращения ручного труда и снизить его долю в производственной сфере до 15-20 процентов"¹. Решение этого вопроса является важнейшим средством улучшения условий труда, снижения травматизма и профессиональных заболеваний. Справиться с этими задачами могут только высококвалифицированные, грамотные специалисты, понимающие как экономические, так и социальные вопросы народного хозяйства страны.

Изучение курса "Охрана труда" предусматривает в учебных планах студентов-заочников всех специальностей выполнение контрольной работы и сдачу экзамена.

В контрольной работе студент-заочник должен показать знания, которые он приобрел в ходе самостоятельного изучения курса. Настоящие методические указания помогут в решении этой задачи.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Контрольная работа по курсу "Охрана труда" для студентов-заочников всех специальностей включает два задания. Первое - "Техника безопасности", последовательность выполнения которого представлена в данных методических указаниях; второе - "Производственная санитария" (см. соответствующие методические указания, авторы О. И. Яковлева, В. В. Прохоров и др.)

¹ Материалы XXVII съезда КПСС. - М.: Политиздат, 1986, с. 273.

Выбор темы первого задания осуществляется по последней, а второго по предпоследней цифре номера личного дела (учебного шифра) студента. Каждое задание имеет 10 вариантов исходных данных для расчета. Варианты исходных данных, которые должны быть взяты в каждом задании определяются третьей цифрой от конца учебного шифра. Например, шифр 781-425 означает, что студент должен выполнить задание 5 из раздела "Техника безопасности" и задание 2 из раздела "Производственная санитария". В обоих заданиях принимается 4-й вариант исходных данных.

Перед тем, как приступить к расчету заданий контрольной работы, студент должен подробно ознакомиться с теорией данного вопроса в учебнике по курсу или другой учебной литературе.

Оформление работы следует начать с изложения основных теоретических положений выбранного задания, терминов и определений в соответствии с системой стандартов безопасности труда.

Выполнив соответствующие расчеты, необходимо сделать выводы об условиях работы путем сравнения полученных результатов с нормами. Например, рассчитав температуру вспышки паров жидкости, надо сделать заключение, к какой группе она относится: ЛВЖ или ГЖ; определив уровень звукового давления на рабочем месте, сравнить его с нормой и сделать вывод об условиях работы.

Если при оценке полученных результатов, условия труда окажутся неблагоприятными, то студент должен разработать проектные, конструктивные и организационные мероприятия для создания безопасных и безвредных условий труда.

Принятые значения коэффициентов и нормативных показателей должны иметь ссылку на литературный источник, список которых необходимо привести в конце контрольной работы.

Задания контрольной работы

Техника безопасности		Производственная санитария	
№ за- дания	Наименование задания	№ за- дания	Наименование задания
1	2	3	4
1.	Определение температуры вспышки и воспламенения горячих веществ	1.	Расчет необходимого снижения уровня звукового давления

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

1	2	3	4
	2. Расчет нижнего концентрационного предела воспламенения горючих газов и паров и минимального взрывоопасного содержания кислорода	2. Расчет звукопоглощающей облицовки	
	3. Расчет условий теплового самовозгорания горючих веществ	3. Расчет звукоизолирующего кожуха	
	4. Расчет сухих огнепреградителей	4. Расчет звукоизолирующей кабины	
	5. Расчет предохранительных мембран	5. Расчет искусственного освещения	
	6. Расчет защитного заземления	6. Расчет естественного освещения	
✓	7. Расчет защитного зануления	7. Расчет вытяжного шкафа	
	8. Выбор плавких предохранителей	8. Расчет вытяжного зонта	
	9. Расчет траверс, работающих на изгиб	9. Расчет бортового отсоса	
	0. Расчет траверс, работающих на сжатие	0. Расчет вибрации	

РАСЧЕТ ПОЖАРО- И ВЗРЫВООПАСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ

Задание I. Определение температуры вспышки и воспламенения горючих жидкостей

Температура вспышки и воспламенения может быть рассчитана по формуле

$$T_{в} = \frac{A_1}{P_{в} \cdot D_0 \cdot B} \quad (I)$$

где $T_{в}$ - значение искомой температуры в абсолютной шкале, К; A_1 - постоянный коэффициент, равный 3000 при нахождении температуры вспышки и 4000 при нахождении температуры воспламенения; D_0 - коэффициент диффузии паров горючего вещества в воздух при 273 К и давлении 760 мм рт. ст., см²/с; B - стехиометрический коэффициент кислорода, равный числу молей кислорода, приходящихся на 1 моль горючего вещества при его полном сгорании; $P_{в}$ - парциальное давление паров горючей жидкости при значении искомой температуры (температуры вспышки или воспламенения), мм рт. ст.

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Расчеты по формуле (1) ведут методом проб и ошибок, для чего: составляют уравнение химической реакции горения для 1 моля горючего вещества и находят стехиометрический коэффициент при кислороде β ; по известным значениям A_1 , D_0 , β вычисляют произведение $T_B \cdot P_B$; находят зависимость парциального давления паров жидкости от ее температуры, используя корреляцию Миллера:

$$\lg P = A - B/T + C_1 \cdot T + C_2 \cdot T^2, \quad (2)$$

где A, B, C_1, C_2 - постоянные для данной жидкости коэффициенты, вычисляемые по следующим уравнениям:

$$A = 0,607 K \left[\frac{4 T_{кр}}{T_{кип}} - \left(\frac{T_{кип}}{T_{кр}} \right)^2 \right] - 1,448 K \left[\frac{T_{кр}}{T_{кип}} - \frac{T_{кип}}{T_{кр}} \right] + 2,88081,$$

$$B = 0,980 K T_{кр},$$

$$C_1 = -1,448 K / T_{кр},$$

$$C_2 = 0,607 K / T_{кр}^2,$$

$$K = \frac{\Delta H_{исп, T_I}}{0,019 T_{кр} \left(1 - \frac{T_I}{T_{кр}} \right)^{0,38}},$$

$T_{кип}$ - температура кипения жидкости, К; $T_{кр}$ - критическая температура жидкости, К; $\Delta H_{исп, T_I}$ - теплота испарения жидкости при какой-либо температуре, кДж/моль;

методом последовательных приближений находят искомую температуру, для чего вычисляют при различных произвольно заданных температурах T_i величину P_i по уравнению (2), добиваясь, чтобы произведение $T_i \cdot P_i \approx T_B \cdot P_B$.

Варианты расчетных задач следует выбирать в соответствии с табл. I.

Таблица I

Исходные данные для расчета температуры вспышки и
воспламенения горючих веществ

№ вари- анта	Название горючей жидкости	Химическая формула вещества	Температура кипения, К	Критическая температура, К	Теплота испарения, кДж/моль	Коэффици- ент диф- фузии, см ² /с
1	Этиловый спирт	C ₂ H ₆ O	462	725	42,43 (T _г =469К)	0,0668
2	Метанол	CH ₄ O	338	513	37,90 (T _г =273К)	0,1290
3	Скипидар	C ₁₀ H ₁₆	435	567	38,30 (T _г =435К)	0,0510
4	Уксусная кислота	C ₂ H ₄ O ₂	391	595	44,80 (T _г =391К)	0,1070
5	Бурфурол	C ₅ H ₄ O ₂	435	760	43,20 (T _г =435К)	0,0910
6	Ацетон	C ₃ H ₆ O	329	509	29,10 (T _г =329К)	0,1090
7	Бензол	C ₆ H ₆	353	562	30,80 (T _г =353К)	0,0775
8	Серовугле- род	CS ₂	319	552	26,80 (T _г =319К)	0,0890
9	Толуол	C ₇ H ₈	384	592	33,20 (T _г =384К)	0,0753
0	Бензол 50% + Толуол 50%	C _{6,5} H ₇	368	577	32,00 (T _г =368К)	0,0764

Задание 2. Расчет нижнего концентрационного предела
воспламенения горючих газов и паров и
минимального взрывоопасного содержания кислорода

Нижний концентрационный предел воспламенения горючих газов и паров
в среде воздуха и чистого кислорода может быть определен расчетным путем
по формуле

$$P_H = \frac{100}{1,0 + h_f \cdot \Delta H_f^0 + \sum_{i=2}^n h_i \cdot m_i} \% \text{ об.}, \quad (3)$$

где ΔH_f^0 - стандартная теплота образования соединения в газообразном состоянии при 298К, кДж/моль; h_f - параметр теплоты образования, зависящий от вида окислительной среды; для воздуха $h_f = 0,0246$ моль/Дж, для кислорода $h_f = 0,2354$ моль/Дж; M_i - число атомов i -го элемента в молекуле соединения; h_i - параметры i -го элемента, влияющего на значение нижнего концентрационного предела воспламенения (принимается по табл.2).

Таблица 2

Параметры уравнения (3)

Параметры атомов элементов h_i	В среде воздуха	В среде кислорода
Углерода h_c	9,134	8,748
Водорода h_H	2,612	2,502
Кислорода h_o	- 0,522	- 0,500
Серы h_s	8,270	-

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода в смеси может быть рассчитано по следующему уравнению:

$$C_{к,фл.} = \frac{100 - \rho_{фл}}{4,844} \quad \% \text{ об.},$$

где $\rho_{фл}$ - минимальная флегматизирующая концентрация инертного компонента в смеси, % об.

$$\rho_{фл} = \frac{100(h_f' + h_f \cdot \Delta H_f^0 + \sum_{i=1}^n h_i' \cdot m_i)}{h_f'' - 1,0 + \sum_{i=1}^n h_i'' \cdot m_i} \quad \% \text{ об.}, \quad (4)$$

где h_f', h_f'', h_i', h_i'' - постоянные для каждого флегматизатора параметры, значения которых приведены в табл. 3; ΔH_f^0 - стандартная теплота образования соединения в газообразном состоянии при 298К, кДж/моль; M_i - число атомов i -го элемента в молекуле соединения.

Таблица 3

Параметры уравнения (4)

Параметры	Значения параметров при разбавлении		
	азотом	Водяным паром	Диоксидом углерода
I	2	3	4
h_f' (моль/Дж)	$1,256$ $8,662 \cdot 10^{-3}$	$0,780$ $8,026 \cdot 10^{-3}$	$0,579$ $7,366 \cdot 10^{-3}$

Продолжение табл. 3

I		2	3	4
Атомов углерода	H_p^{II}	2,800	2,236	2,020
	H_c^{II}	2,528	1,651	1,251
Атомов водорода	H_H^{II}	0,759	0,527	0,416
	H_H^{II}	1,486	1,250	1,160
Атомов кислорода	H_o^{II}	0,197	0,446	0,542
	H_o^{II}	- 2,973	- 2,500	- 2,321
Атомов серы	H_s^{II}	7,026	13,009	3,116
	H_s^{II}	11,490	25,664	6,483

Варианты расчетных задач следует выбирать в соответствии с табл. 4.

Таблица 4

Исходные данные для расчета нижнего концентрационного предела воспламенения и минимального взрывоопасного содержания кислорода

№ варианта	Горючее вещество	Химическая формула горючего вещества	ΔH_f^0 , кДж/моль	Окислитель	Флегматизатор
I	2	3 ^a	4	5	6
1	Метилмеркаптан	CH_4S	- 87,28	воздух	водяной пар
2	Метилмеркаптан	CH_4S	- 87,28	воздух	азот
3	Сероводород	H_2S	- 20,65	воздух	диоксид углерода
4	Сероводород	H_2S	- 20,65	воздух	азот
5	Формальдегид	CH_2O	- 95,35	кислород	водяной пар
6	Метилмеркаптан 60% + Сероводород 40%	$C_{0,6}H_{3,2}S$	- 60,63	воздух	диоксид углерода
7	Скипидар	$C_{10}H_{16}$	- 58,73	кислород	диоксид углерода
8	Метанол	CH_4O	- 201,01	кислород	азот
9	Метилмеркаптан 50% + Метанол 50%	$CH_{4,0}O_{0,5}S_{0,5}$	- 144,14	воздух	водяной пар

1	2	3	4	5	6
0	Скипидар 25% + Ме- танол 75%	C ₃ ,25 H ₇ O _{0,75}	-165,44	кислород	азот

Задание 3. Расчет условий теплового самовозгорания горючих веществ

Процесс теплового самовозгорания характеризуется минимальной температурой окружающей среды (t_c), при которой возникает самонагревание в объеме вещества, и временем (τ) с момента достижения в этом объеме t_c до момента самовозгорания. Эти параметры могут быть рассчитаны из уравнений

$$\lg t_c = A_p + \Pi_p \lg S \quad (5)$$

$$\text{или } \lg t_c = A_B - \Pi_B \lg \tau, \quad (6)$$

где A_p , A_B , Π_p , Π_B - постоянные величины, характерные для данного вещества или материала; $S = \frac{F}{V}$ - удельная поверхность объема V вещества; F - поверхность объема вещества, через которую осуществляется теплообмен с окружающей средой, m^2 .

При отсутствии экспериментальных данных по константам A_p , A_B , Π_p , Π_B можно использовать ориентировочный расчет условий теплового самовозгорания, при котором исходят из экспериментально найденных значений температуры самонагревания ($t_{сн}$) и температуры тления ($t_{тл}$) или самовоспламенения ($t_{св}$). При этом используют соотношения

$$A_p = \lg t_{сн}, \quad (7)$$

$$\Pi_p = 0,457 \lg \frac{t_{тл}}{t_{сн}} \quad (8)$$

$$\text{или } \Pi_p = 0,457 \lg \frac{t_{св}}{t_{сн}} \quad (9)$$

Найденные по формулам (7)+(9) значения коэффициентов A_p и Π_p подставляют в уравнение (5) и рассчитывают минимальную температуру окружающей среды, при которой возникает самовозгорание. Однако вторую характеристику - временную по формуле (6) указанным методом определить нельзя.

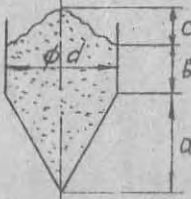

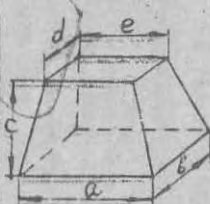
Безопасная температура хранения вещества выбирается меньшей, исходя из соотношений:

$$t_{сх} \leq 0,9 t_{сн} \quad \text{или} \quad t_{сх} \leq 0,8 t_c.$$

Варианты расчетных задач следует выбирать в соответствии с табл.5.

Таблица 5

Исходные данные для расчета условий теплового самовозгорания горючих веществ

№ вари- анта	Геометрия объема вещества (мате- риала)	Размеры, м					Вещество (материал)	Коэффициенты уравнений (5) и (6)				Температуры, °С		
		а	в	с	d	e		A_p	A_B	n_p	n_B	Само-	Тле-	Само-
												нагр.	ния	воспл.
											<i>t_{сн}</i>	<i>t_{гн}</i>	<i>t_{сб}</i>	
1		1,4	1,0	0,5	1,6	-	Дрожж кормовые	1,867	2,254	0,184	0,078	-	-	-
2		1,5	1,5	0,6	1,8	-	Витаминная лиственная мука	1,897	2,268	0,157	0,106	95	-	-
3		1,75	1,8	0,6	2,0	-	Витаминная хвойная мука	1,772	2,282	0,230	0,121	60	-	-
4		2,6	2,0	0,9	3,0	-	Опилки сосновые	1,855	2,296	0,219	0,096	80	-	-
5		1,4	1,2	1,5	-	-	Картон кровельный	1,974	0,159	2,334	0,142	100	-	-
6		2,5	1,8	1,5	-	-	ДВП	1,864	2,381	0,207	0,075	80	-	-
7		2,0	1,6	1,8	-	-	ДВП полу- твердая	1,834	2,332	0,227	0,104	80	-	-
8		1,8	1,6	1,8	-	-	Плита мине- раловатная	2,002	2,313	0,134	0,119	130	-	-
9		45,0	15,0	10,0	4,0	34,0	Опилки еловые	-	-	-	-	100	220	347
0		60,0	10,0	5,0	4,0	54,0	Торф фре- зерный	1,781	2,396	0,264	0,180	70	-	-

ЗАЩИТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ТРУБОПРОВОДОВ ОТ ВЗРЫВОВ

Задание 4. Расчет сухих огнепреградителей

Расчет пламезадерживающей способности сухого огнепреградителя сводится к определению величины критического диаметра пламегасящего канала в слое гранулированного материала (гравия, песка, колец Рашига и др.), а по ней эквивалентного диаметра гранулы и высоты слоя, обеспечивающего надежное гашение пламени в огнепреградителе.

Величина критического диаметра $\delta_{кр}$ пламегасящего элемента определяется по формуле

$$\delta_{кр} = 5,33 \cdot 10^{-4} \frac{T_0 \cdot \lambda}{u \cdot C_p \cdot P}, \text{ м}, \quad (10)$$

где T_0 - начальная температура горючей смеси, К; λ - коэффициент теплопроводности горючей смеси при начальной температуре, Вт/м.град; u - нормальная скорость пламени, м/с; C_p - теплоемкость горючей смеси при начальной температуре, Дж/моль.град; P - абсолютное давление исходной горючей смеси, МПа.

Для обеспечения запаса надежности найденное по формуле (10) значение $\delta_{кр}$ следует уменьшить в 2 раза.

Величина $\delta_{кр}/2$ сопоставляется с эквивалентным диаметром каналов насадки $d_{эkv}$.

Для насадки из гранулированных материалов

$$\delta_{кр}/2 \geq d_{эkv} = \frac{4\xi}{a},$$

где ξ - свободный объем насадки, м³/м³; a - удельная поверхность насадки, м²/м³.

Размер (диаметр) гранул в пламегасящем элементе следует выбирать в соответствии с диаметром пламегасящего канала:

Диаметр пламегасящего канала $d_{эkv} \cdot 10^3$, м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр гранулы $d_r \cdot 10^3$ не более, м	2,5	3,7	5,0	6,0	7,5
Диаметр пламегасящего канала $d_{эkv} \cdot 10^3$, м	3,55	4,0	5,0	6,3	10,0
Диаметр гранулы $d_r \cdot 10^3$ не более, м	9,0	10,0	12,0	15,0	25,0

Высота пламегасящего элемента ($H_{п.з}$) должна выбираться из соотношения

$$H_{п.з} \geq 50 d_{эkv}$$

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

При расчетах критического диаметра пламегасящего элемента огнепреградителя в формулу (10) подставляют значения коэффициента теплопроводности, теплоемкости для смеси газов и паров, которая в простейшем случае состоит из двух компонентов- горючего вещества и окислителя.

Теплопроводность газовой смеси вычисляется по формуле

$$\lambda_{см} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot \lambda_i \cdot M_i^{1/3}}{\sum_{i=1}^n M_i \cdot M_i^{1/3}} \quad \text{Вт/м.град,}$$

где M_i - мольная доля i -го компонента смеси; λ_i - коэффициент теплопроводности i -го компонента смеси, Вт/м.град (см. табл.6); M_i - молекулярная масса i -го компонента смеси.

Теплоемкость смеси определяется по правилу аддитивности

$$C_p = \sum_{i=1}^n M_i \cdot C_{p,i} \quad \text{Дж/моль.град,}$$

где $C_{p,i}$ - мольная теплоемкость i -го компонента смеси, Дж/моль.град (табл.6).

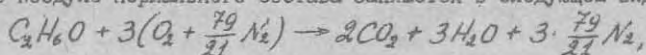
Таблица 6

Теплофизические свойства веществ

Вещество	Коэффициент теплопроводности, $\lambda \cdot 10^2$ Вт/м.град	Удельная теплоемкость, C_p Дж/моль.град
Водород	18,65	29,30
Воздух	1,72	29,10
Бутан	1,55	97,50
Диметилсульфид	1,59	74,00
Метиловый спирт	1,68	44,00
Пропан	1,73	73,60
Сероуглерод	0,81	54,10
Скипидар	1,45	137,40
Стирол	1,71	122,20
Толуол	1,65	136,30
Уксусная кислота	2,30	66,60
Этиловый спирт	1,62	65,30

Для расчета мольной доли каждого компонента в исходной горючей смеси необходимо составить уравнение химической реакции между горючим веществом и окислителем. При этом расчет ведут на смесь стехиометрического состава. В качестве окислителя можно принять воздух нормального состава, в котором на 1 моль кислорода приходится 79/21 молей азота. При подсчете общего количества молей отдельных компонентов в исходной смеси необходимо учитывать и содержание в ней азота.

Пример. Уравнение химической реакции горения паров этилового спирта в воздухе нормального состава запишется в следующем виде:



т.е. общее число молей компонентов в исходной смеси составит $1+3 \cdot \frac{79}{21} = 15,3$, а мольная доля, например, паров этилового спирта в исходной смеси $\mu = 1/15,3 = 0,0654$.

Таблица 7

Исходные данные для расчета сухих огнепреградителей

№ варианта	Состав горючей части смеси	Начальная температура смеси, К	Начальное давление смеси, МПа	Нормальная скорость горения, м/с
1	Этиловый спирт (C_2H_6O)-100%	300	0,10	0,56
2	Сероуглерод (CS_2)-100%	295	0,10	0,59
3	Скипидар ($C_{10}H_{16}$)-30%, Диметилсульфид ($(CH_3)_2S$)-20%, Метилвый спирт (CH_4O)-50%	320	0,10	0,45
4	Метилвый спирт (CH_4O)-100%	290	0,10	0,50
5	Водород -100%	300	0,20	2,70
6	Скипидар ($C_{10}H_{16}$)-100%	293	0,10	0,48
7	Пропан (C_3H_8)-50%, Бутан (C_4H_{10})-50%	293	0,50	0,46
8	Этиловый спирт (C_2H_6O)-80%, Метилвый спирт (CH_4O)-20%	320	0,15	0,55
9	Уксусная кислота ($C_2H_4O_2$)-100%	310	0,10	0,39
0	Стирол (C_8H_8)-50%, Толуол (C_7H_8)-50%	295	0,10	0,45

Задание 5. Расчет предохранительных мембран

Защита оборудования от разрушения с помощью предохранительных мембран заключается в создании специально ослабленного места в виде мембраны, заранее рассчитанной на разрушение при аварийном повышении давления выше заданной величины. Площадь отверстия после разрыва мембраны должна быть такой, чтобы исключить возможность дальнейшего повышения давления в аппарате. Поэтому полный расчет предохранительной мембраны

включает в себя расчет минимального рабочего диаметра мембраны и определение ее толщины.

Суммарная площадь сбросных отверстий F , достаточная для защиты аппарата от взрыва технологической среды, может быть определена из выражения

$$F = \frac{1670 \left(\frac{dP}{d\tau}\right)_{cp} \cdot V^{2/3}}{\alpha(P+0,1) \sqrt{\frac{T}{M} \cdot \frac{K}{K-1} (\varepsilon^{2/K} - \varepsilon^{K/\varepsilon})}} \text{ мм}, \quad (II)$$

где $\left(\frac{dP}{d\tau}\right)_{cp}$ - средняя скорость нарастания давления при взрыве, МПа/с; V - объемом защищаемого аппарата, м³; α - коэффициент расхода (для круглых мембран принимается равным 0,7+0,8); P - максимальное избыточное давление перед мембраной, МПа; T - температура в аппарате до начала взрыва, К; M - средняя молярная масса горючей смеси в аппарате (для рассматриваемых условий может быть принята равной 30 г/моль); $K=1,3+1,4$ - показатель адиабаты; $\varepsilon = \frac{P_0+0,1}{P+0,1}$ - относительный перепад давлений на сбросном отверстии; P_0 - избыточное давление за предохранительной мембраной, МПа (если сброс осуществляется в атмосферу, то $P_0=0$, МПа).

Величина избыточного давления перед мембраной (давление срабатывания мембраны) назначается из следующих соображений:

для аппаратов, работающих под избыточным давлением свыше 0,07 МПа, значение P не должно превышать рабочее давление в аппарате более, чем на 25%;

для аппаратов, работающих без избыточного давления, P принимается равным не менее 0,01 МПа при емкости аппарата менее 30 м³ и не менее 0,005 МПа при емкости аппарата 30 м³ и более;

для аппаратов, работающих под избыточным давлением до 0,07 МПа, P принимается равным не менее, чем на 0,03 МПа выше рабочего давления;

для аппаратов, работающих под вакуумом, максимальное избыточное давление перед мембраной принимается равным не менее 0,1 МПа.

Рабочий диаметр D сбросного отверстия предохранительной мембраны определяется из выражения

$$D \geq 2 \sqrt{F/\pi} \text{ мм}. \quad (I2)$$

Окончательный выбор диаметра и числа предохранительных мембран определяется сортаментом отечественного проката для различных материалов, из которых изготавливаются мембраны (см. табл.8).

Толщину δ разрывной мембраны из пластичного материала можно определить по формуле

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

$$\delta = \frac{P \cdot D}{8 \cdot \sigma_{вр} \cdot K_t} \sqrt{\frac{1 + \gamma/100}{1 + \gamma/100 - 1}} \text{ мм,} \quad (I3)$$

где $\sigma_{вр}$ - предел прочности материала мембраны при растяжении, МПа (см. табл. 8); K_t - температурный коэффициент (см. табл. 9); γ - относительное удлинение материала при разрыве, % (см. табл. 8).

Остальные обозначения в уравнении (I3) аналогичны обозначениям, принятым в формулах (II) и (I2)

Таблица 8

Рекомендуемые материалы для изготовления разрывных мембран и их механические свойства

Марка материала	Предел прочности $\sigma_{вр}$, МПа	Относительное удлинение γ , %	Толщина проката, мм	Ширина проката, мм	Максимальный диаметр мембраны D, мм
Алюминий					
A7M	80	35	0,1 +0,3	460	400
A5M, A6M	80	35	0,25+0,5	до 1000	500 ^x
АДОМ, АДМ	80	35	0,5 +1,0	до 1000	500
Бронза БР Б2	500	45	0,05+0,1 0,1 +0,5	100 300	65 250
Латунь Л62М	300	35	0,04+0,15	175	125
Л68М	300	40	0,18+0,3	280	225
Медь М1, М2, М3	210	30	0,05+0,1 0,1 +0,5 0,5 +2,0	200 300 600	150 250 500
Монель-металл	550	40	0,1 +0,2 0,2 +1,5	175 300	125 250
Нержавеющая сталь	520	55	0,05+0,5 0,5 +1,0	400 600	300 500
I2X18N10T					

х) Предохранительные мембраны диаметром более 500 мм отечественной промышленностью не изготавливаются.

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Таблица 9

Значения температурного коэффициента K_t

Материал	Температура, К	K_t	Материал	Температура, К	K_t
Алюминий	293	1,00	Монель-металл	293	1,00
	303	0,92		323	0,96
	313	0,83		373	0,95
	323	0,78		423	0,92
	333	0,71		473	0,88
	353	0,60		523	0,85
	373	0,53		623	0,78
Бронза	273	1,02	723	0,72	
	293	1,00	Нержавеющая сталь	293	1,00
Латунь	273	1,03		313	0,95
	293	1,00		333	0,90
Медь	273	1,03		353	0,83
	293	1,00		373	0,79
	323	0,97		396	0,75
	373	0,92		423	0,71
	423	0,85	473	0,65	

Варианты расчетных задач следует выбирать в соответствии с табл. 10.

Таблица 10

Исходные данные для расчета предохранительных мембран

№ варианта	Вещество	Концентрация в воздухе, % об.	$(dp/dx)_{кр}$, МПа/с	Начальная температура в аппарате, К	Объем аппарата, м ³
1	Ацетилен	10	71,5	300	500 0,5
2	Ацетон	5	7,87	280	30
3	Пропан	5	11,1	300	15
4	Этан	5	9,2	310	60
5	Этиловый спирт	10	11,1	290	60
6	Алюминий измельченный	500 г/м ³	14,0	300	8
7	Древесная пыль хвойных пород	-	1,53	290	15
8	Диглин	500	11,1	570	100
9	Дрожжи кормовые	-	19,4	570	100
0	Пыль угольная	125	11,5	340	25

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Задача 6. Расчет защитного заземления

Защитное заземление — это преднамеренное соединение с землей элементов оборудования, не находящихся в нормальных условиях эксплуатации под напряжением. При нарушении изоляции токоведущих частей электроустановки заземление снижает потенциал на металлических нетоковедущих частях до безопасного уровня.





Расчет защитного заземления сводится к определению его общего сопротивления в зависимости от выбранного числа, размера и схемы размещения одиночных заземлителей и заземляющих проводников. Это сопротивление не должно превышать определенной величины в соответствии с "Правилами устройства электроустановок" и ГОСТ 12.1.030-81 "Электробезопасность. Защитное заземление, зануление".

При расчете контура заземления, размещаемого в однородном грунте необходимо

определить сопротивление одиночного электрода-заземлителя R_0 по формулам, приведенным в табл. II.

Таблица II

Формулы для вычисления сопротивления одиночных заземлителей растеканию тока в однородном грунте

Тип заземлителя	Схема	Расчетная формула	Условия применения
Стержневой трубчатый (уголковый) у поверхности земли		$R_0 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$	$l \gg d$ Для уголка с шириной полки "b" $d = 0,95b$
Стержневой трубчатый (уголковый) в земле		$R_0 = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right)$	Для уголка с шириной полки "b" $d = 0,95b$
Протяженный на поверхности земли (стержень, полоса, труба и т.д.)		$R_0 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l^2}{d^2}$	Для полосы шириной "b" $d = 0,5b$
Протяженный в земле (стержень, полоса, труба и т.д.)		$R_0 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l^2}{d^2 t}$	Для полосы шириной "b" $d = 0,5b$

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

определить необходимое количество электродов n с учетом их взаимного экранирования по формуле

$$n = R_a / R_g \cdot \eta_e \quad (14)$$

где R_g - допустимое сопротивление заземления, Ом (см. табл. I4); η_e - коэффициент использования вертикальных электродов (см. табл. I2);

определить сопротивление полосы R_{II} , соединяющей вертикальные электроды по формулам, приведенным в табл. II;

найти длину соединительной полосы

$$l_f = 1,05 a (n-1) \text{ м}, \quad (15)$$

где a - расстояние между вертикальными заземлителями, м.

Таблица I2

Коэффициент использования η_B вертикальных электродов группового заземлителя без учета влияния полосы связи

Отношение расстояния между заземлителями к их длине	При размещении в ряд		При размещении по контуру	
	Число заземлителей (труб)	η_B	Число заземлителей (труб)	η_B
1	2	0,85	4	0,69
	3	0,77	6	0,61
	4	0,73	10	0,56
	5	0,70	20	0,47
	6	0,66	40	0,41
	10	0,59	60	0,39
	20	0,48	100	0,36
2	2	0,91	4	0,78
	3	0,87	6	0,73
	4	0,83	10	0,68
	5	0,80	20	0,63
	6	0,77	40	0,58
	10	0,74	60	0,55
	20	0,67	100	0,52
3	2	0,94	4	0,85
	3	0,91	6	0,80
	4	0,89	10	0,76
	5	0,87	20	0,71
	6	0,85	40	0,66
	10	0,81	60	0,64
	20	0,76	100	0,62

определить общее расчетное сопротивление заземляющего устройства с учетом соединительной полосы

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

$$R = \frac{R_a \cdot R_n}{R_a \cdot \eta_2 + R_n \cdot \eta_1 \cdot n} \quad \text{Ом,} \quad (16)$$

где η_2 - коэффициент использования соединительной полосы (см. табл.13).

Таблица 13

Коэффициенты использования η_r горизонтальной полосы, соединяющей вертикальные электроды группового заземлителя

Отношение расстояния между вертикальными электродами к их длине	Число вертикальных электродов									
	2	4	6	8	10	20	30	40	50	60
Вертикальные электроды размещены в ряд										
I 0,3	0,85	0,77	0,72	0,67	0,62	0,42	0,31	-	0,21	-
	0,94	0,89	0,84	0,79	0,75	0,56	0,46	-	0,36	-
	0,96	0,92	0,88	0,85	0,82	0,68	0,56	-	0,49	-
Вертикальные электроды размещены по контуру										
I 0,3	-	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,22	0,21	0,20
	-	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27
	-	0,70	0,64	0,60	0,56	0,45	0,42	0,39	0,37	0,36

Полученное значение общего сопротивления заземляющего устройства сравнивают с допустимым. Если $R < R_d$, то все параметры принятого заземлителя выбраны правильно. При $R > R_d$ необходимо внести исправки в принятую схему заземлителя, изменив, например, количество вертикальных заземлителей. После этого расчет по формулам (14)+(16) повторяют.

Варианты расчетных задач следует выбирать в соответствии с табл.14.

Таблица 14

Исходные данные для расчета защитного заземления

№ варианта	Расположение электродов	Форма и размеры вертикального заземлителя	Удельное сопротивление грунта, Ом.м	Способ заложения в грунт	Расстояние между заземлителями, м	Форма и сечение соединительной полосы, мм	Допустимое сопротивление заземления, Ом
1	2	3	4	5	6	7	8
I	В ряд	Труба $d=0,05\text{м}$, $l=2\text{ м}$	40	У поверхности земли	6	Пруток $\phi 8\text{ мм}$	4

1	2	3	4	5	6	7	8
2	В ряд	Труба $d=0,08\text{м},$ $l=2,5\text{ м}$	700	В земле на глубине 0,8м	7,5	Полоса (40x4)мм	10
3	По прямо- угольному конту- ру	Уголок 40x40 $l=2\text{ м}$	300	У поверхно- сти земли	6	Пруток $\varnothing 10$	4
4	В ряд	Уголок 60x60 $l=3\text{ м}$	100	На глубине 0,5м	6	Полоса (40x4)мм	4
5	В ряд	Труба $d=0,05\text{м},$ $l=5\text{м}$	300	На глубине 0,5м	5	Полоса (50x4)мм	10
6	По прямо- угольному конту- ру	Труба $d=0,06\text{м},$ $l=3\text{м}$	40	На глубине 0,8м	9	Полоса (40x4)мм	0,5
7	По прямо- угольному конту- ру	Труба $d=0,05\text{м},$ $l=5\text{м}$	50	У поверхно- сти земли	5	Полоса (40x4)мм	0,5
8	По прямо- угольному конту- ру	Труба $d=0,05\text{м},$ $l=5\text{м}$	40	У поверхно- сти земли	6	Пруток $\varnothing 8\text{мм}$	0,5
9	В ряд	Уголок 60x60, $l=3\text{м}$	300	У поверхно- сти земли	5	Полоса (40x4)мм	4
0	По прямо- угольному конту- ру	Труба $d=0,05\text{м},$ $l=2\text{м}$	700	На глубине 0,5м	7,5	Полоса (50x4)мм	10

Задание 7. Расчет ~~защитного~~ зануления

Зануление состоит в соединении корпусов токоприемника или другого оборудования, которое может оказаться под напряжением в результате нарушения изоляции, с нулевым проводом при помощи металлических проводников. Зануление превращает пробой на корпус в однофазное короткое замыкание, при котором большой ток короткого замыкания обеспечивает быстрое отключение поврежденных фаз автоматическими устройствами или за счет перегорания плавких предохранителей.

При расчете зануления проверяют условие обеспечения отключающей способности зануления

$$I_{к.з} \geq 3 I_{н.в}^n, \quad (17)$$

где $I_{к.з}$, $I_{н.в}^n$ соответственно, ток короткого замыкания в электрической цепи "фаза-нуль" и номинальный ток плавкой вставки, А.

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{Z_T/3 + Z_n} \text{ А,} \quad (18)$$

U_{ϕ} - фазное напряжение, В; Z_{Π} - полное сопротивление электрической цепи "фаза-нуль" без учета сопротивления трансформатора, Ом; Z_T - полное сопротивление трансформатора, Ом (см. табл. 15).

Таблица 15
Значения расчетных полных сопротивлений Z_T обмоток
масляных трехфазных трансформаторов

Мощность трансформатора, кВт·А	Номинальное напряжение обмоток высокого напряжения, кВ	Z_T при схеме соединения обмоток, Ом		Мощность трансформатора, кВт·А	Номинальное напряжение обмоток высокого напряжения, кВ	Z_T при схеме соединения обмоток, Ом	
		звездой	треугольником			звездой	треугольником
25	6+10	3,110	0,906	250	6+10	0,312	0,090
40	6+10	1,949	0,562	400	6+10	0,195	0,056
63	6+10	1,237	0,360	630	6+10	0,129	0,042
100	6+10	0,799	0,226	1000	6+10	0,061	0,027
160	6+10	0,487	0,141	1600	6+10	0,054	0,017

Значение Z_n рассчитывают по выражению

$$Z_n = \sqrt{(R_{\phi} + R_n)^2 + (X_{\phi} + X_n + X_{и})^2} \text{ Ом,} \quad (19)$$

где R_{ϕ} и R_n - активные сопротивления фазного и нулевого проводников, Ом;
 X_{ϕ} и X_n - внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников, Ом; $X_{и}$ - внешнее индуктивное сопротивление петли "фаза-нуль", Ом (принимается из расчета 0,6 Ом на 1 км протяжения сети).

Расчет ведут в следующем порядке:

Определяют номинальный ток для заданного типа электродвигателя в соответствии с табл. 16.

Таблица 16
Закрытые обдуваемые двигатели единой серии 4А
на фазное напряжение 380 В

Тип	Мощность, кВт	$\cos \alpha$	$K = \frac{I_n}{I_n}$	Тип	Мощность, кВт	$\cos \alpha$	$K = \frac{I_n}{I_n}$
4А30А2	1,5	0,85	6,5	4А132М2	10	0,90	7,5
4А90Л2	3,0	0,86	6,5	4А1602	15	0,91	7,5
4А1002	4,0	0,89	6,5	4А16082	22	0,91	7,5
4А100Л2	5,5	0,89	7,5	4А200М2	30	0,90	7,5
4А112М2	7,5	0,88	7,5	4А225М2	45	0,90	7,5

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

$$1 \quad I_H = \frac{1000 P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \alpha}, \text{ А,}$$

где P - номинальная мощность электродвигателя, кВт; U_H - номинальное напряжение, В; $\cos \alpha$ - коэффициент мощности.

Определяют пусковой ток двигателя:

$$2 \quad I_n = K \cdot I_H,$$

где K - кратность пускового тока по отношению к номинальному (см. табл. I6).

Определяют номинальный ток плавкой вставки:

$$3 \quad I_{п.в.}^n = I_n / \alpha,$$

где α - коэффициент режима работы электродвигателя; $\alpha = 1,6+2,5$ (меньшие значения для двигателей с частыми включениями, большие - с редкими включениями).

Находят ожидаемое значение тока короткого замыкания:

$$4 \quad I_{к.з.} \geq 3 I_{п.в.}^n,$$

Рассчитывают плотность тока δ в нулевом проводе:

$$5 \quad \delta = I_{к.з.} / S, \quad \text{А/мм}^2, \quad (20)$$

где S - сечение нулевого провода, мм².

По заданным размерам сечения проводников и найденным по формуле (20) плотностям тока в нулевом и фазном проводе находят их активные и индуктивные сопротивления

$$6 \quad R_\phi = \zeta_\phi \cdot l_\phi \quad \text{Ом,}$$

$$7 \quad R_H = \zeta_H \cdot l_H \quad \text{Ом,}$$

$$8 \quad X_\phi = X_{\omega\phi} \cdot l_\phi \quad \text{Ом,}$$

$$9 \quad X_H = X_{\omega H} \cdot l_H \quad \text{Ом,}$$

где $\zeta_\phi, \zeta_H, X_{\omega\phi}, X_{\omega H}$ - табличные значения (см. табл. I7) активных и индуктивных сопротивлений стальных проводников, Ом/км; l_ϕ, l_H - длины фазного и нулевого проводников, мм.

По формулам (I8) и (I9) находят значения Z_n и $I_{к.з.}$ и проверяют условие надежного срабатывания защиты по неравенству (I7).

Варианты расчетных задач следует принимать в соответствии с табл. I8.

Таблица I7
Активные и индуктивные сопротивления стальных проводников
при переменном токе

Размеры сечения или диаметр, мм	Площадь сечения, мм ²	Активные/индуктивные сопротивления, Ом/км при плотности тока, А/мм ²			
		0,5	1,0	1,5	2,0
Полоса прямоугольного сечения					
20x4	80	5,24/3,14	4,20/2,52	3,48/2,09	2,97/1,78
30x4	120	3,66/2,20	2,91/2,75	2,38/1,43	2,04/1,22
40x4	160	2,80/1,68	2,24/1,34	1,81/1,08	1,54/0,92
50x4	200	1,77/1,06	1,34/0,80	1,03/0,65	-
60x4	240	3,83/2,03	2,56/1,54	2,08/1,25	-
30x5	150	2,10/1,26	1,60/0,96	1,28/0,77	-
50x5	250	2,02/1,33	1,51/0,89	1,15/0,70	-
Проводник круглого сечения					
5	19,63	17,0/10,2	14,4/8,65	12,4/7,45	10,7/6,40
6	28,27	13,7/8,20	11,2/6,70	9,40/5,65	8,00/4,80
8	50,27	9,80/5,75	7,50/4,50	6,40/3,84	5,30/3,20
10	78,54	7,20/4,32	5,40/3,24	4,20/2,52	-
12	113,10	5,60/3,36	4,00/2,40	-	-
14	150,90	4,55/2,73	3,20/1,92	-	-
16	201,10	3,72/2,23	2,70/1,60	-	-

Таблица I8
Исходные данные для расчета зануления

# вари- анта	Мощность трансфор- матора, кВА	Схема соедине- ния обмоток	Тип элек- тродвига- теля	Сечение провод- ников, мм		Длина проводни- ков, м	
				Нулевого	Фазного	Нулев.	Фазн.
				b x h	d		
1	25	Звездой	4A80A2	20x4	5	50	25
2	40	Треугольником	4A90L2	20x4	5	75	50
3	63	Звездой	4A1002	40x4	6	100	50
4	100	Треугольником	4A100L2	50x4	8	110	50
5	160	Треугольником	4A112M2	50x4	8	120	75
6	250	Звездой	4A132M2	60x4	10	150	75
7	400	Звездой	4A1602	60x4	10	150	50
8	630	Звездой	4A18082	30x5	12	100	50
9	1000	Треугольником	4A200M2	50x5	14	100	50
0.	1600	Звездой	4A225M2	50x5	14	100	75

Задание 8. Выбор плавких предохранителей

При защите сетей от коротких замыканий плавкими предохранителями расчетную силу тока предохранителя определяют в зависимости от силы тока в сети и рода нагрузки.

При силовой нагрузке с наличием электродвигателей в момент пуска возникает ток, который по величине значительно больше номинального.

Силу пускового тока одиночного двигателя определяют из выражения

$$I_{п} = \frac{1000 P \cdot K}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos \alpha} \text{ А,}$$

где P - мощность электродвигателя, кВт; $U_{л}$ - линейное напряжение в сети, В; $\cos \alpha$ - коэффициент мощности (в расчетах можно принять $\cos \alpha = 0,85$); K - кратность пускового тока по отношению номинальному (в расчетах следует принимать $K=7,0$).

Силу пускового тока для группы электродвигателей находят по формуле

$$I_{п} = \frac{(P_{\max} \cdot K + \sum P_i) 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos \alpha \cdot \eta} \text{ А,}$$

где P_{\max} - наибольшая мощность электродвигателя, кВт; $\sum P_i$ - суммарная мощность всех электродвигателей за вычетом P_{\max} , кВт; η - коэффициент полезного действия ($\eta = 0,8$).

Зная величину пускового тока в сети, можно определить расчетную силу тока плавкой вставки

$$I_{п.в} = \frac{I_{п}}{3} \text{ А.}$$

В СССР для плавких предохранителей установлены стандартные номинальные значения силы тока в 6, 10, 15, 20, 25, 35, 45, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 250, 300, 350, 430, 500, 600, 700, 850, 1000 А, поэтому найденное значение $I_{п.в}$ округляют до ближайшего стандартного.

Далее необходимо проверить предохранитель по току короткого замыкания.

В четырехпроводной сети с нулевым проводом плавкие предохранители проверяют по току короткого замыкания, исходя из соотношения

$$I_{к.з} = \frac{U_{л}}{\sqrt{3}(\zeta_{\phi} + \zeta_0)} \geq 3 I_{п.в},$$

где $I_{к.з}$ - ток короткого замыкания, А; $U_{л}$ - линейное напряжение в сети, В; ζ_{ϕ} - полное сопротивление фазного провода, Ом; ζ_0 - полное сопротивление нулевого провода, Ом.

В сетях трехфазных, трехпроводных плавкие предохранители проверяют по току короткого замыкания, используя выражение

$$I_{к.з} = \frac{U_n}{2Z_{\phi}} \geq 3 I_{п.в.}$$

Полное сопротивление проводника (фазного и нулевого) Z_{ϕ} равно

$$Z_{\phi} = \sqrt{Z^2 + X^2},$$

где Z - активное сопротивление, Ом; X - реактивное сопротивление, Ом.

Активное сопротивление определяют по формуле

$$Z = \frac{\rho \cdot l}{S},$$

где ρ - удельное сопротивление проводника, Ом.мм²/м (для меди $\rho=0,0185$, для алюминия $\rho=0,0295$ Ом.мм²/м); l - длина проводника, м; S - поперечное сечение проводника, мм².

Для нахождения реактивной составляющей сопротивления можно считать, что каждые 1000 м проводники создают реактивное сопротивление, равное 0,6 Ом.

Из условия $I_{к.з} \geq 3 I_{п.в.}$ необходимая сила тока срабатывания плавкой вставки должна быть

$$I_{п.в.} \leq \frac{I_{к.з}}{3}$$

Варианты расчетных задач следует выбирать в соответствии с табл. 19.

Таблица 19

Исходные данные для выбора плавких предохранителей

№ варианта	Поперечное сечение проводника, мм ²		Материал проводника	Длина сети, м	Мощность двигателей, кВт	Количество двигателей	Напряжения (линейное) в сети, В
	Нулевого	Фазного					
1	4	5	Медь	50	4,5	1	380
2	16	25	Алюминий	100	5,0; 3,5;	3	380
3	16	25	Алюминий	150	1,5	1	660
4	25	35	Медь	200	7,5; 5,0;	5	380
					5,0; 4,0;		
5	25	35	Медь	250	2,3	4	380
					15; 10;		
6	35	50	Медь	300	10; 7,5	1	660
7	16	25	Алюминий	400	150	1	380
8	16	25	Алюминий	100	75	1	380
					30; 15;	4	380
9	16	25	Алюминий	200	8; 4	1	380
0	16	25	Алюминий	250	80	3	380
					15; 10; 10		

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Для подъема и перемещения крупногабаритных и длинномерных грузов применяют траверсы - жесткие грузозахватные устройства, изготавливаемые из двутаврового, швеллерного стального проката или стальных труб различных размеров. Различают траверсы двух типов - работающие на изгиб и на сжатие.

Задание 9. Расчет траверсы, работающих на изгиб

Одним из вариантов работы траверсы на изгиб является подъем груза одновременно двумя кранами, когда приходится применять так называемые уравновешивающие траверсы. Расчетная схема такой траверсы приведена на рис. I.

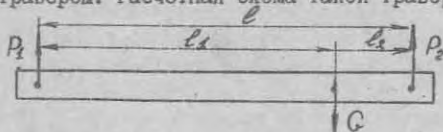


Рис. I. Расчетная схема уравновешивающей траверсы

Уравновешивающую траверсу рассчитывают в такой последовательности. Определяют усилие, действующее на траверсу:

$$N = G \cdot g \cdot K_n \cdot K_d \leq P_1 + P_2 \quad \text{Н,}$$

где G - масса поднимаемого груза, кг; g - ускорение свободного падения, м/с^2 ; K_n - коэффициент перегрузки траверсы (обычно принимается равным 1,1); K_d - коэффициент динамичности нагрузки (может быть принят равным 1,2); P_1 и P_2 - грузоподъемность кранов, Н.

Находят координаты l_1 и l_2 точки подвеса груза (длину плеч траверсы) по формулам

$$l_1 = \frac{P_2 \cdot l}{(P_1 + P_2)} \quad \text{см,}$$

$$l_2 = \frac{P_1 \cdot l}{(P_1 + P_2)} \quad \text{см,}$$

где l - общая длина траверсы, см.

Подсчитывают максимальный изгибающий момент в траверсе

$$M_{\max} = \frac{N \cdot l_1 \cdot l_2}{l} \quad \text{Н.см}$$

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Вычисляют требуемый момент сопротивления поперечного сечения траверсы относительно оси изгиба x-x

$$W_{тр} \geq \frac{M_{max}}{0,85 R} \quad \text{см}^3,$$

где R - расчетное сопротивление при изгибе в траверсе, Н/м; для обычных конструкционных сталей, из которых изготавливают двутавровые и швеллерные балки, можно принять $R = 21 \cdot 10^3$ Н/см².

Выбирают расчетную схему сечения траверсы в соответствии с рис.2.

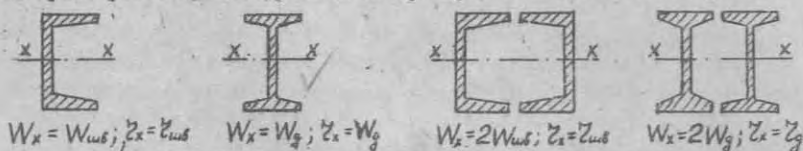


Рис.2. Схемы поперечных сечений траверс

Пользуясь данными табл.20 и 2I выбирают профиль с моментом сопротивления W_x , ближайшим большим к требуемому $W_{тр}$.

Таблица 20
Балки двутавровые (по ГОСТ 8239-72)

Номер балки	I0	I2	I4	I6	I8	I8a	20	20a	22	22a
Момент сопротивления сечения, см ³	39,7	58,4	81,7	109	143	159	184	203	232	254
Радиус инерции, см	4,06	4,88	5,73	6,57	7,42	7,51	8,28	8,37	9,13	9,22
Площадь сечения, см ²	12,0	14,7	17,4	20,2	23,4	25,4	26,8	28,9	30,6	32,8
Номер балки	24	24a	27	27a	30	30a	33	36	40	45
Момент сопротивления сечения, см ³	269	317	371	407	472	518	597	743	953	1231
Радиус инерции, см	9,97	10,1	11,2	11,3	12,3	12,5	13,5	14,7	16,2	18,1
Площадь сечения, см ²	34,8	37,5	40,2	43,2	46,5	49,9	53,8	61,9	72,6	84,7

Швеллеры (по ГОСТ 8240-72)

Таблица 21

Номер швеллера	5	6,5	8	10	12	14	14а	16	16а	18
Момент сопротивления сечения, см ³	9,1	15,0	22,4	34,8	50,6	70,2	77,8	93,4	103	121
Радиус инерции, см	1,92	2,54	3,16	3,99	4,78	5,60	5,66	6,42	6,49	7,24
Площадь сечения, см ²	6,16	7,51	8,98	10,9	13,3	15,6	17,0	18,1	19,5	20,7
Номер швеллера	16а	20	20а	22	22а	24	24а	27	30	36
Момент сопротивления сечения, см ³	132	152	167	192	212	242	265	308	387	601
Радиус инерции, см	7,32	8,07	8,15	8,89	8,99	9,73	9,84	10,9	12,0	14,2
Площадь сечения, см ²	22,2	23,4	25,2	26,7	28,8	30,6	32,9	35,2	40,5	53,4

Варианты расчетных задач следует выбирать в соответствии с табл.22.

Таблица 22
Исходные данные для расчета уравновешивающих траверс

№ варианта	Масса поднимаемого груза, G, кг	Грузоподъемность кранов, кН		Общая длина траверсы, L, м
		P _I	P ₂	
1	10000	50	100	5,0
2	8000	100	50	7,0
3	15000	100	100	10,0
4	16000	100	150	12,0
5	20000	150	200	15,0
6	12000	100	150	9,5
7	30000	250	150	8,0
8	35000	300	150	7,5
9	16000	150	100	6,0
0	36000	200	250	6,0

Задание 0. Расчет траверс, работающих на сжатие

Траверсы, работающие на сжатие, рассчитывают на прочность и на устойчивость вдоль продольной оси.

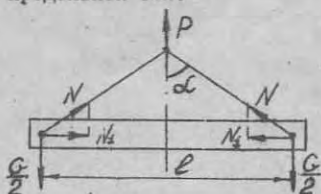


Рис. 3. Расчетная схема траверсы, работающей на сжатие

Расчет ведется в следующей последовательности.

Находят натяжение в каждой тяге, соединяющей траверсу с крайним грузоподъемного механизма.

$$N = \frac{G \cdot g}{2 \cos \alpha}, \text{ Н,}$$

где G - масса поднимаемого груза, кг; g - ускорение свободного падения, м/с^2 ; α - угол наклона тяги к вертикали, град.

Подсчитывают разрывное усилие в канате, приняв, что тросовая тяга выполнена в две нитки.

$$R = \frac{K_3 \cdot N}{2}, \text{ Н,}$$

где K_3 - коэффициент запаса прочности ($K_3=5,0$ для легкого, $K_3=5,5$ для среднего и $K_3=6,0$ для тяжелого режима работы грузоподъемного механизма).

По табл. 23 подбирают стальной канат.

Определяют сжимающее усилие в траверсе

$$N_1 = \frac{G \cdot g}{2} \cdot K_n \cdot K_d \cdot \text{tg} \alpha, \text{ Н,}$$

где K_n - коэффициент перегрузки траверсы (принимается равным 1,1);

K_d - коэффициент динамичности нагрузки (может быть принят равным 1,2).

Находят требуемую площадь поперечного сечения траверсы.

$$F \geq \frac{N_1}{0,85 \cdot \sigma_c \cdot R_1}$$

где β_c - коэффициент устойчивости при продольном сжатии (может быть принят равным 0,8); R_I - расчетное сопротивление при сжатии в траверсе, Н/см² (принимается равным $21 \cdot 10^3$ Н/см²).

Таблица 23
Техническая характеристика стальных канатов
(тип ТЛК 6х37 по ГОСТ 3079-80)

Диаметр каната, мм	Маркировочная группа по временному сопротивлению разрыву, МПа			
	I400	I600	I700	I800
	-	Разрывное усилие, кН		
15,5	-	1160	1235	1270
17,0	-	1450	1545	1590
19,5	1610	1840	1950	2015
21,5	1990	2275	2420	2495
25,0	2680	3065	3255	3355
29,0	3605	4120	4375	4510
30,5	4070	4650	4940	5095
33,0	4665	5330	5665	5835
35,0	5300	6055	6435	6635
39,0	6450	7370	7830	8075

Выбрав расчетную схему сечения траверсы в соответствии с рис.2, по табл. 20 и 21 подбирают необходимый профиль для изготовления траверсы.

Находят расчетную длину траверсы по формуле

$$l_p = l \cdot \mu$$

где μ - коэффициент приведения длины (для принятой расчетной схемы $\mu = 1$).

Определяют гибкость траверсы относительно оси x-x

$$\lambda = l_p / \zeta_x < [\lambda]$$

где ζ_x - радиус инерции поперечного сечения траверсы, см (см. табл.20 и 21); $[\lambda]$ - предельная гибкость сжатых элементов; $[\lambda] = 150$.

Если гибкость рассчитываемой траверсы окажется больше, чем 150, то необходимо подобрать другой профиль с большим значением ζ_x .

Подобранное таким образом сечение траверсы проверяют на устойчивость, пользуясь соотношением

$$\frac{N_k}{F \cdot \varphi} \leq 0,85 R_I$$

где φ - коэффициент продольного изгиба траверсы, выбираемый по табл.24.

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Таблица 24

Коэффициент φ продольного изгиба центрально-
сжатых стержней

Гибкость, λ	Значения коэффициентов φ				
	0	2	4	6	8
50	0,890	0,884	0,878	0,872	0,866
60	0,860	0,850	0,840	0,830	0,820
70	0,810	0,798	0,786	0,774	0,762
80	0,750	0,738	0,726	0,714	0,702
90	0,690	0,672	0,654	0,636	0,618
100	0,600	0,584	0,568	0,552	0,536
110	0,520	0,505	0,492	0,478	0,464
120	0,450	0,440	0,430	0,420	0,410
130	0,400	0,392	0,384	0,376	0,368
140	0,360	0,352	0,344	0,336	0,328
150	0,320	0,314	0,308	0,302	0,296

Варианты расчетных задач следует выбирать в соответствии с табл.25.

Таблица 25

Исходные данные для расчета траверс, работающих
на сжатие

№ вари- анта	Масса поднимае- мого груза, G , кг	Длина тра- версы, l , м	Угол наклона тяги к верти- кали, α , град	Режим работы грузоподъем- ного механиз- ма
1	10000	3,5	30	тяжелый
2	12000	4,0	45	легкий
3	14000	4,5	60	средний
4	15000	5,0	50	средний
5	8000	4,5	40	тяжелый
6	9000	4,0	35	тяжелый
7	20000	5,0	60	легкий
8	25000	5,0	55	легкий
9	32000	5,0	30	средний
0	35000	5,5	45	средний

ЛИТЕРАТУРА

- Водяник В.И. Предохранительные устройства для защиты химического оборудования /Справочное пособие.- М.:Химия, 1975.
- Водяник В.И. и др. Предохранительные мембраны /Справочное пособие.- М.:Химия, 1982.
- Долин П.А. Справочник по технике безопасности.- М.:Энергоиздат, 1982.
- Долин П.А. Справочник по технике безопасности.- М.: Энергоатомиздат, 1985.
- Инженерные решения по охране труда в строительстве: /Справочник/ Под ред. Г.Г.Орлова.- М.:Стройиздат, 1985.
- Максимов В.Ф. Охрана труда в целлюлозно-бумажной промышленности. 3-е изд., перераб.-М.:Лесная промышленность, 1985.
- Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. 2-е изд.- М.:Химия, 1979.
- Якимов В.И. Пожарно-технические расчеты в технологических процессах при использовании горючих веществ: Учебное пособие.- Л.:ЛТА, 1983.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ	7
РАСЧЕТ ПОЖАРО-И ВЗРЫВООПАСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ ...	5
Задание 1. Определение температуры вспышки и воспла- менения горючих жидкостей	—
Задание 2. Расчет нижнего концентрационного предела воспламенения горючих газов и паров и ми- нимального взрывоопасного содержания кислорода	7
Задание 3. Расчет условий теплового самовозгорания горючих веществ	10
ЗАЩИТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ТРУБОПРОВОДОВ ОТ ВЗРЫВОВ ...	12
Задание 4. Расчет сухих огнепреградителей	—
Задание 5. Расчет предохранительных мембран	14
ЭЛЕКТРОВЕЗОПАСНОСТЬ	18
Задание 6. Расчет защитного заземления	—
Задание 7. Расчет защитного зануления	21
✓ Задание 8. Выбор плавких предохранителей	25
БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	27
Задание 9. Расчет траверс, работающих на изгиб	—
Задание 0. Расчет траверс, работающих на сжатие	30
ЛИТЕРАТУРА	33