

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

При выполнении контрольной работы слушатель должен решить **5** задач. Решение задач необходимо сопровождать расшифровкой расчетных формул (пояснениями величин, входящих в формулы, и их размерностей в системе СИ), схемами устройств и аппаратов (по которым проводятся расчеты), ссылкой на литературные источники (с указанием страниц и номеров таблиц), из которых взяты справочные данные по пределам воспламенения, температуре вспышки, теплоемкости, коэффициентам теплопередачи и теплопроводности, объемного расширения и сжатия и т.д.

По решению задач должны быть сделаны выводы.

Ниже приводятся варианты гаданий и содержание задач.

В табл. 1 слушатель по предпоследней цифре номера зачетной книжки по горизонтали и по последней цифре номера зачетной книжки по вертикали определяет номера пяти задач и решает их.

Выполненные задания необходимо прикрепить на портал в разделе расписание.

Задачи к контрольной работе

1-10. Дать заключение о горючести среды в резервуаре с ЛВЖ и найти (оценить) объем взрывоопасной зоны вблизи его дыхательного устройства, если в течение часа произошло одно большое дыхание. Объем резервуара U_p , степень его заполнения e , вид ЛВЖ и ее температуру t_p принять по табл. 2. Давление в резервуаре - атмосферное.

11-20. Дать заключение о горючести среды в резервуаре с ЛВЖ и оценить объем взрывоопасной смеси (зоны) вблизи его дыхательного устройства, если в течение часа произошло одно малое дыхание при повышении температуры в резервуаре на 10°C . Данные по объему резервуара U_p , степени его заполнения e , виду ЛВЖ и ее начальной температуре t_p принять по табл. 2. Давление в резервуаре - атмосферное.

21-30. При окраске методом окунания изделия погружают в ванну с лакокрасочным материалом (ЛКМ). Площадь поверхности испарения ванны 3 м^2 . Определить количество испарившегося с поверхности ЛКМ растворителя за час работы и оценить объем взрывоопасной зоны, который может образоваться над ванной при отсутствии движения воздуха над ее поверхностью. Вид и температуру растворителя ЛКМ и растворителя $t_b=t_p$ принять по табл. 3 (пожароопасные свойства ЛКМ принять по растворителю, температуру воздуха в помещении принять равной температуре растворителя).

31-40. При повреждении аппарата в объем площадью 6 м^2 , ограниченный бортиками, вылилось 40 кг ЛВЖ. Определить количество испарившейся с открытой поверхности жидкости в подвижной среде воздуха и оценить объем взрывоопасной зоны, который при этом может образоваться. Вид ЛВЖ, ее температура, которая равна температуре воздуха в помещении, приведены в табл. 3. Принять, что испарение жидкости происходит в течение часа при работающей вентиляции, скорость движения воздуха над поверхностью испарения $0,4 \text{ м/с}$.

41-50. Дать заключение о горючести среды в аппарате периодического действия при его нормальной работе, определить суммарное количество паров, выходящих из этого аппарата при открывании крышки и заполнении растворителем, а также оценить объем взрывоопасной зоны, который при этом может образоваться. Вид ЛВЖ, рабочую температуру t_p , объем аппарата V , степень его заполнения e и рабочее давление P_p в нем принять по табл. 4.

51-60. Определить количество выходящей наружу горючей жидкости при локальном повреждении аппарата (авария ликвидирована через 900 с), количество испарившейся со свободной поверхности жидкости в неподвижную среду

(испарение происходило в течение 1 ч) и величину объема взрывоопасной зоны, которая может при этом образоваться. Вид жидкости, диаметр отверстия в стенке аппарата $D_{отв}$, рабочее давление в аппарате P_p , температура жидкости $t_{ж}$ и высота столба жидкости $H_{ж}$ приведены в табл. 5. Коэффициент расхода принять равным 0,6; 1 л жидкости разливается на площади 1 м².

61-70. Определить количество выходящей наружу горючей жидкости при локальном повреждении аппарата (повреждение ликвидировано через 25 мин), количество испарившейся жидкости (испарение происходит в течение часа) и величину объема взрывоопасной смеси, которая может при этом образоваться, если испарение происходит в подвижную среду воздуха. Скорость движения воздуха над поверхностью испарения 0,7 м/с, коэффициент расхода 0,6; 2 л жидкости разливается на площади 1 м². Вид горючей жидкости, диаметр повреждения и другие параметры принять по табл. 5.

71-80. Определить количество выходящего из аппарата газа при его локальном повреждении (повреждение ликвидировано через 10 мин) и время нарастания горючей концентрации при наличии воздухообмена в помещении. Вид газа, диаметр отверстия в стенке аппарата $D_{отв}$, рабочее давление в аппарате P_p , объем помещения V и кратность воздухообмена n в помещении приведены в табл. 6. Коэффициент расхода газа принять равным 0,8; температура газа 20°C.

81-90. Определить количество выходящего из аппарата газа при его локальном повреждении (повреждение ликвидировано через 600 с) и время нарастания горючей концентрации при отсутствии воздухообмена в помещении. Вид газа, диаметр отверстия в стенке аппарата $D_{отв}$, рабочее давление в аппарате P_p , объем помещения V приведены в табл. 6. Коэффициент расхода газа принять равным 0,6; температура газа 30°C.

90-100. Определить общее количество ЛВЖ, выходящей при полном разрушении аппарата, в который подавалась жидкость по двум трубопроводам, количество испарившейся жидкости и объем, в котором при этом может образоваться горючая концентрация. Объем аппарата $V_{ап}$, степень заполнения e , вид ЛВЖ, ее температура $t_{ж}$, диаметр трубопроводов $D_{тр}$ и расход насосов q_1 и q_2 приведены в табл. 7. Время отключения трубопроводов принять равным 900 с, площадь, на которую разливается 1 л жидкости, равна 1 м², время испарения разлившейся жидкости 1 ч, расстояние от аппарата до задвижки на трубопроводах 10 м.

101-110. Определить общее количество горючего газа, выходящего при полном разрушении аппарата (газ в аппарат подавался по двум трубопроводам), и максимальный объем газового облака с горючей концентрацией, который при этом может образоваться. Объем аппарата $V_{ап}$, давление газа в нем P_r , вид газа, диаметр трубопроводов $D_{тр}$, по которым поступал газ, и расход компрессоров и приведены в табл. 8. Время отключения трубопроводов 120 с, расстояние от аппарата до задвижек на трубопроводах 12 м.

111-120. Определить конечное давление в горизонтально расположенной цилиндрической емкости, которая оказалась полностью заполненной сжиженным газом, а также внутреннее напряжение, возникающее в стенке этой емкости, и необходимый свободный объем при заполнении емкости. Принять, что начальное давление было 0,4 МПа, стенки емкости изготовлены из стали марки 20ХМ. Вид сжиженного газа, начальная t_n и конечная t_K температуры в емкости, диаметр цилиндрической части емкости D , длина ее L и проектная толщина стенки приведены в табл. 9. Емкость находилась в эксплуатации 5 лет, стенки подвергались коррозии со скоростью 0,4 мм в год.

121-130. Определить приращение давления в новом стальном трубопроводе, по которому транспортируется стирол. При эксплуатации трубопровода происходит уменьшение его сечения за счет образования отложений. Начальное давление в трубопроводе 1 МПа. Температура стирола 25°C. Длина трубопровода L , начальная скорость движения жидкости v_1 , диаметр чистого (без отложения) трубопровода d и степень уменьшения диаметра трубопровода z при образовании отложения приведены в табл. 10. Плотность стирола 902,6 кг/м³, коэффициент кинематической вязкости при 25°C равен $0,72 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

131-140. Определить площадь сечения предохранительного клапана, который устанавливается на ректификационной колонне. Через клапан стравливаются пары бензола. Рабочее давление в колонне P_p , рабочая температура t_p , производительность колонны по пару G приведены в табл. 11. Стравливание происходит в атмосферу через стояк длиной 0,5 м. Коэффициент расхода среды через клапан $a = 0,8$.

141-150. Определить гасящий диаметр отверстий сетчатого огнепреградителя, установленного на линии аварийного сброса горючего газа из аппарата. Вид горючего газа, его температура t , давление в линии P_p приведены в табл. 12.

151-160. Определить диаметр гранул гравийного огнепреградителя, установленного на дыхательной линии резервуара с ЛВЖ. Вид ЛВЖ и температура в паровоздушном пространстве резервуара t_p приведены в табл. 13. Давление в резервуаре P_p атмосферное ($1 \cdot 10^5$ Па).

161-170. Определить время аварийного опорожнения цилиндрического постоянного по высоте сечения аппарата (слив самотеком) и продолжительность аварийного слива. Вид горючей жидкости, ее температура t , диаметр аппарата D , его высота H и степень заполнения e , диаметр сливного трубопровода d , перепад высоты аварийного трубопровода H приведены в табл. 14. Продолжительность операций по приведению слива в действие принять равным 300 с, коэффициент расхода системы $\Phi = 0,3$.

171-180. По условию табл. 14 обосновать расчетом выполнимость условия аварийного слива горючей жидкости из емкости. Слив предусмотрен под давлением инертной среды, равным $3 \cdot 10^5$ Па.

181-190. Оценить, а при необходимости подобрать диаметр аварийного сливного трубопровода (слив самотеком) при условии, что продолжительность опорожнения не должна превышать 240 с. Необходимые для расчета данные взять из табл. 14.

191-200. Определить расчетом время аварийного выпуска горючих газов (паров) из аппарата и обосновать выполнимость условия безопасности при сбросе газа (пара) в атмосферу. Вид горючего газа (пара), его температура t , рабочее давление P_p , объем газового пространства аппарата V_g , диаметр аварийного (сбросного) трубопровода d_{tr} и коэффициент расхода среды через клапан ϕ приведены в табл. 15. Продолжительность операции по приведению системы стравливания в действие принять равным 90 с, а время аварийного режима 600 с. Гидравлическим сопротивлением сбросного трубопровода можно пренебречь, т.к. его длина составляет 0,8 м.

201-210. Определить расчетом время аварийного выпуска горючих газов (паров) из аппарата и обосновать выполнимость условия безопасности аварийного режима при сбросе газа (пара) в газгольдер, избыточное давление среды в котором постоянно и не превышает 0,05 МПа. Данные для расчета приведены в табл. 15. Продолжительность операции по приведению системы стравливания в действие принять равной 60 с, время аварийного режима - 600 с, коэффициент расхода системы $\Phi = 0,5$.

211-220. Определить требуемую площадь мембранного взрывного предохранительного клапана и оценить толщину мембраны для аппарата с ЛВЖ, в паровоздушном (газовом) пространстве которого (при определенных условиях эксплуатации) образуются взрывоопасные концентрации. Объем газового пространства аппарата V_g , начальная температура горючей смеси $t_{см}$, вид ЛВЖ, рабочее давление в аппарате P_p приведены в табл. 16. Температура окружающей среды 20°C , материал мембраны - медь. Стравливание производится в атмосферу.

221-230. Определить требуемую площадь мембранного взрывного предохранительного клапана и оценить толщину мембраны для аппарата с ЛВЖ, работающего под вакуумом $P_p = 0,085$ МПа. Стравливание продуктов взрыва производится в атмосферу, температура окружающей среды 30°C . Объем газового пространства аппарата V_g , начальную температуру горючей смеси $t_{см}$, вид ЛВЖ и материал мембраны принять по табл. 16.

Таблица 1

Последняя цифра номера зачетной книжки	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки				
	1	2	3	4	5
0	1, 101, 121, 161, 201	2, 102, 122, 162, 202	3, 101, 123, 163, 203	4, 104, 124, 164, 204	5, 105, 125, 165, 205
1	11, 51, 111, 141, 171	12, 52, 112, 142, 172	13, 53, 113, 143, 173	14, 54, 114, 144, 174	15, 55, 115, 145, 175
2	21, 91, 151, 191, 211	22, 92, 152, 192, 212	23, 93, 153, 193, 213	24, 94, 154, 194, 214	25, 95, 155, 195, 215
3	31, 81, 131, 141, 161	32, 82, 132, 142, 162	33, 83, 133, 143, 163	34, 84, 134, 144, 164	35, 85, 135, 145, 165
4	41, 71, 141, 181, 221	42, 72, 142, 182, 222	43, 73, 143, 183, 223	44, 74, 144, 184, 224	45, 75, 145, 185, 225
5	1, 51, 151, 181, 211	2, 52, 152, 182, 212	3, 53, 153, 183, 213	4, 54, 154, 184, 214	5, 55, 155, 185, 215
6	11, 61, 111, 161, 191	12, 62, 112, 162, 192	13, 63, 113, 163, 193	14, 64, 114, 164, 194	15, 65, 115, 165, 195
7	21, 71, 151, 171, 221	22, 72, 152, 172, 222	23, 73, 153, 173, 223	24, 74, 154, 174, 224	25, 75, 155, 175, 225
8	1, 31, 81, 131, 211	2, 32, 82, 132, 212	3, 33, 83, 133, 213	4, 34, 84, 134, 214	5, 35, 85, 135, 215
9	31, 41, 91, 121, 201	32, 42, 92, 122, 202	33, 43, 93, 123, 203	34, 44, 94, 124, 204	35, 45, 95, 125, 205

Продолжение табл. 1

Последняя цифра номера зачетной книжки	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки				
	6	7	8	9	0
0	6, 106, 126, 166, 206	7, 107, 127, 167, 207	8, 108, 128, 168, 208	9, 109, 129, 169, 209	10, 110, 130, 170, 210
1	16, 56, 116, 146, 176	17, 57, 117, 147, 177	18, 58, 118, 148, 178	19, 59, 119, 149, 179	20, 60, 120, 150, 180
2	26, 96, 156, 196, 216	27, 97, 157, 197, 217	28, 98, 158, 198, 218	29, 99, 159, 199, 219	30, 100, 160, 200, 220
3	36, 86, 136, 146, 166	37, 87, 137, 147, 167	38, 88, 138, 138, 168	39, 89, 139, 139, 169	40, 90, 140, 140, 170
4	46, 76, 146, 186, 226	47, 77, 147, 187, 227	48, 78, 148, 188, 228	49, 79, 149, 189, 229	50, 80, 150, 190, 230
5	6, 56, 156, 186, 216	7, 57, 157, 187, 217	8, 58, 158, 188, 218	9, 59, 159, 189, 219	10, 60, 160, 190, 220
6	16, 66, 116, 166, 196	17, 67, 117, 167, 197	18, 68, 118, 168, 198	19, 69, 119, 169, 199	20, 70, 120, 170, 200
7	26, 76, 156, 176, 226	27, 77, 157, 177, 227	28, 78, 158, 178, 228	29, 79, 159, 179, 229	30, 80, 160, 180, 230
8	6, 36, 86, 136, 216	7, 37, 87, 137, 217	8, 38, 88, 138, 218	9, 39, 89, 139, 219	10, 40, 90, 140, 220
9	36, 46, 96, 126, 206	37, 47, 97, 127, 207	38, 48, 98, 128, 208	39, 49, 99, 129, 209	40, 50, 100, 130, 210

Примечание: Во всех таблицах давление абсолютное.

Таблица 2

Номер задачи	1; 11	2; 12	3; 13	4; 14	5; 15	6; 16	7; 17	8; 18	9; 19	10; 20
Жидкость	Ацетон	Бензол	Толуол	Этанол	Метанол	Ксилол	Бутанол	н-Гексан	н-Декан	Уксусная кислота
$V_p, м^3$	500	1000	500	600	100	500	600	500	300	1000
ϵ	0,85	0,9	0,95	0,8	0,7	0,75	0,85	0,9	0,9	0,7
$t_p, ^\circ C$	10	10	20	30	10	35	45	15	60	65

Таблица 3

Номер задачи	21; 31	22; 32	23; 33	24; 34	25; 35	26; 36	27; 37	28; 38	29; 39	30; 40
Растворитель	Ацетон	Бензол	Толуол	Этанол	Метанол	Этил-бензол	Уайт-спирит	Изобутиловый спирт	Этил-ацетат	п-Ксилол
$t_p, ^\circ C$	20	20	25	25	15	25	45	30	20	30

Таблица 4

Номер задачи	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Жидкость	Ацетон	Бензол	Толуол	Этанол	Метанол	Пропиловый спирт	н-Гексан	н-Гептан	Ксилол	Этил-бензол
$V_p, м^3$	5	20	50	30	15	40	35	45	15	20
ϵ	0,65	0,5	0,6	0,8	0,85	0,75	0,8	0,85	0,85	0,75
$t_p, ^\circ C$	15	25	35	45	40	60	15	30	60	50
$P_p, МПа$	0,25	0,15	0,3	0,25	0,35	0,2	0,15	0,35	0,3	0,2

Таблица 5

Номер задачи	51; 61	52; 62	53; 63	54; 64	55; 65	56; 66	57; 67	58; 68	59; 69	60; 70
Жидкость	Ацетон	Толуол	Этанол	Метанол	Бензол	г-Гексан	н-Гептан	н-Ксилол	н-Пропанол	Этил-бензол
Дотв. мм	1,5	2	3	2,5	3,5	3,5	2	3	2,5	3,5
$P_p, МПа$	0,3	0,25	0,2	0,35	0,45	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$t_{ж}, ^\circ C$	10	30	25	15	20	20	25	35	35	30
$H_{ж}, м$	1	1,5	2	2,5	3	3,5	1	1,5	2	2,5

Таблица 6

Номер задачи	71; 81	72; 82	73; 83	74; 84	75; 85	76; 86	77; 87	78; 88	79; 89	80; 90
Газ	н-Бутан	Водород	Бутадиен	Пропан	Этан	Этилен	Ацетилен	Аммиак	Метан	Серо- водород
Д _{отв.} , мм	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
P _{p.} , МПа	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
V, м ³	50	60	70	80	90	50	80	90	100	200
n, 1/ч	4	5	6	7	8	9	10	9	8	7

Таблица 7

Номер задачи	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
V _{вл.} , м ³	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,1
ε	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,7	0,4	0,7
ЛВЖ	Ацетон	Толуол	Этанол	Метанол	Бензол	н-Гексан	н-Гептан	н-Ксилол	н-Пропанол	Этил- бензол
t _{ж.} , °C	10	30	25	15	20	20	25	35	35	25
Q _{1.} , м ³ /ч	1,0	1,5	1,0	1,5	2,0	1,5	2,5	2,0	1,0	1,5
Q _{2.} , м ³ /ч	1,5	2,0	2,0	1,0	1,0	2,5	1,0	1,0	1,5	2,0
Д _{тр.} , мм	25	50	50	50	50	50	50	75	75	50

Таблица 8

Номер задачи	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
V _{вл.} , м ³	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P _{г.} , МПа	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Газ	н-Бутан	Водород	Бутадиен	Пропан	Этан	Этилен	Ацетилен	Аммиак	Метан	Серо- водород
Д _{тр.} , мм	50	70	50	50	50	70	50	70	50	70
Q _{1.} , м ³ /ч	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Q _{2.} , м ³ /ч	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5

Таблица 9

Номер задачи	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Сжиженный газ	Хлор	Аммиак	Серо- водород	Хлор	Аммиак	Серо- водород	Хлор	Хлор	Аммиак	Серо- водород
t _{я.} , °C	0	20	15	10	10	0	20	15	25	20
t _{к.} , °C	20	35	25	20	25	15	25	25	35	30
Д, м	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
L, м	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12
δ, м	0,01	0,012	0,008	0,01	0,016	0,008	0,008	0,009	0,013	0,012

Таблица 10

Номер задачи	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
L, м	100	120	130	150	170	200	250	300	350	400
ω_1 , м/с	2	2,5	3	3,5	4	2	2,5	3	3,5	3,8
d, м	0,3	0,35	0,4	0,45	0,45	0,5	0,45	0,5	0,25	0,8
ϵ	0,4	0,45	0,5	0,55	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,45

Таблица 11

Номер задачи	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
P_p , МПа	0,13	0,21	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
t_p , °C	90	95	100	110	120	115	125	130	100	95
G, кг/ч	300	600	350	400	450	500	550	550	450	300

Таблица 12

Номер задачи	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
Газ	Ацетилен	Этилен	Метан	Этан	Пропан	н-Бутан	Водород	Оксиген углерода	Серо-водород	Аммиак
t , °C	15	20	25	30	35	40	10	15	20	25
P_p , МПа	0,15	0,12	0,11	0,13	0,14	0,12	0,11	0,12	0,15	0,13

Таблица 13

Номер задачи	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
ЛВЖ	Ацетон	н-Ксилол	Толуол	Бензол	Этанол	Метанол	Пропанол	н-Гексан	н-Гептан	Бутанол
t_n , °C	10	35	25	20	25	15	30	15	10	45

Таблица 14

Номер задачи	161; 171; 181	162; 172; 182	162; 173; 183	164; 174; 184	165; 175; 185	166; 176; 186	167; 177; 187	168; 178; 188	169; 179; 189	170; 180; 1900
Жидкость	Бензол	Толуол	Ацетон	Уксусная кислота	Этанол	Метанол	Бензол	Ацетон	Толуол	Метанол
D, м	1,5	2	2,5	3	3,5	1,5	1,8	2	2,3	2,5
H, м	2,5	3	3,5	3,5	4	2,8	3,3	3,2	3,5	3,8
ϵ	0,8	0,9	0,85	0,95	0,8	0,9	0,95	0,95	0,85	0,9
d, мм	50	60	70	80	90	80	60	70	50	65
ΔH , м	6	8	10	12	11	9	7	5	8	7
t , °C	20	25	15	20	15	20	30	20	25	10

Таблица 15

Номер задачи	191; 201	192; 202	193; 203	194; 204	195; 205	196; 206	197; 207	198; 208	199; 209	200; 210
Газ (пар)	Ацетилен	н-Бутан	Водород	Этан	Метан	Этан	Аммиак	н-Гексан	н-Гептан	Ацетон
t, °C	20	25	30	35	40	45	50	100	100	90
Pp, МПа	0,2	0,7	0,8	1,2	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8
Vr, м³	1500	200	600	200	500	600	300	700	800	500
дтр, м	0,15	0,1	0,15	0,07	0,1	0,15	0,2	0,15	0,2	0,1

Таблица 16

Номер задачи	211; 221	212; 222	213; 223	214; 224	215; 225	216; 226	217; 227	218; 228	219; 229	220; 230
Vr, м³	10	5	3	4	6	8	9	12	13	11
t, °C	25	30	40	35	20	25	30	40	50	45
ЖВЖ	Ацетон	Толуол	Метанол	Этанол	Метанол	Бутанол	Стирол	Ацетон	Толуол	Стирол
Pp, МПа	0,11	0,15	0,12	0,14	0,11	0,13	0,14	0,15	0,13	0,12