

## **Оценка динамики концентрации газообразных вредных веществ в отсеке барокамеры, не имеющей технических средств для их удаления**

А.Т. Логунов

С.А. Иванов

В.В. Мишаков

Поддержание в атмосфере отсека барокамеры, во время нахождения в ней людей, концентрации вредных газообразных продуктов метаболизма человека, не превышающей предельно допустимой концентрации (ПДК), является одной из основных задач системы жизнеобеспечения (СЖО) водолазной барокамеры. Это требование обеспечивается вентиляцией отсека барокамеры.

При решении задачи мы оценивали «открытый» и «замкнутый» цикл. При открытом цикле вентиляция осуществлялась продувкой системы чистым воздухом, отвечающим по содержанию вредных примесей требованиям ПВС ВМФ-2002. Эти требования регламентируют так же начало проведения вентиляции, её периодичность, объём воздуха, который подаётся в камеру, напрямую зависит от объёма, давления и количества человек, находящихся в ней.

Вентиляция по открытому циклу характеризуется простотой технических средств и организации работ, но требует больших запасов рабочих газов (в данном случае – воздуха).

Вентиляция по замкнутому циклу требует определённого более сложного комплекса технических средства, удаление вредных газообразных продуктов метаболизма человека и поддержание их концентрации на уровне не превышающих ПДК, обеспечивается патронами удаления вредных веществ, снаряжённых химическими соединениями, сорбентами и катализаторами, химически связывающими, адсорбирующими и окисляющими газообразные вещества, находящиеся в потоке воздуха, проходящего через патрон.

Качественный анализ технического состояния СЖО барокамер, оказавшихся востребованными в последнее десятилетие, показал, что при организации вентиляции отсека по «замкнутому» циклу, в большинстве случаев, задача удаления вредных газообразных продуктов метаболизма человека сводится к удалению только диоксида углерода. Удаление остальных примесей, содержание которых в отсеке регламентировано ГОСТ 52264-2004, не обеспечивается.

В связи с этим представляет интерес проведение количественной оценки изменения концентрации газообразных вредных веществ в отсеке барокамеры различного объёма при отсутствии технических средств их удаления (кроме  $\text{CO}_2$ ), при их функционировании по «открытому» и «замкнутому» циклу вентиляции.

Расчётная оценка изменения концентрации вредных примесей проводилась для отсеков барокамер РКУМу (входящей в состав ПРС-ВМ), БКД-120Т (входящей в состав МКВК и КВК) и РБК-1400 (входящей в состав МКВК-60 и МАБ), не имеющих в составе СЖО устройств удаления вредных веществ, а также отсеков барокамеры КДВ-1600 (входящей в состав барокомплекса «Спаситель») при условии отключения патрона удаления вредных примесей для тренировочного режима на 100 м.

Источник продуцирования вредных примесей - один человек.

Оценка выделения вредных примесей от не металлических материалов и технологического оборудования не проводилась.

Экспериментальная оценка изменения концентрации вредных веществ проводилась для отсека барокамеры КДВ-1600 (входящей в состав барокомплекса «Спаситель»), с работающим патроном удаления вредных примесей. Оценка проводилась на основании экспериментальных результатов, полученных в ходе проведения периодических испытаний комплекса.

Номенклатура газообразных вредных веществ, подлежащих контролю в атмосфере отсека водолазных барокамер как длительного пребывания (ДП), так и кратковременного пребывания (КП) определена ГОСТ 52264-2004. Средняя суточная скорость их выделения в отсек представлена в ГОСТ 50804-95. В таблице 1 приведены значения их предельно допустимой концентрации контролируемых вредных веществ и скорость их выделения.

**Номенклатура вредных веществ, подлежащих контролю в атмосфере отсека, значение их предельно допустимых концентраций и средней суточной скорости их выделения в отсек.**

Наименование вредного вещества	Предельно допустимая концентрация (мг/м <sup>3</sup> )	Средняя скорость выделения, (мг/сут)
Оксид углерода	5,0	133,0±16,6
Аммиак	0,8	6,0±0,6
Ацетон	5,0	5,7±3,4
Предельные углеводороды (в пересчёте на декан, [C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> ])	35	15,3±0,8
Органические вещества (в основном - углеводороды)		
– в пересчёте на углерод	50	-
– по окисляемости	65	-
Сероводород	0,8	-
Оксиды азота	0,1	-

Оценка изменения концентрации вредных веществ в отсеке проводилась по оксиду углерода, аммиаку и ацетону, являющимися наиболее токсичными веществами, скорость выделения которых известна. Частичное удаление аммиака из атмосферы отсека за счёт его растворения в конденсате не учитывалось.

Поскольку в атмосфере отсека присутствует несколько вредных веществ, то оценка изменения их концентрации проводилась с использованием суммарного показателя токсичности газовой среды, численное значение которого рассчитывалось следующим образом:

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_i/ПДК_i \leq 1$$

где

$C_1, C_2, \dots, C_i$  – Фактические концентрации отдельных токсических веществ в атмосфере отсека. мг/м<sup>3</sup>.

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_i$  – предельно допустимые концентрации этих веществ.

Условием достижения предельно допустимого уровня токсичности вредных веществ в атмосфере отсека является равенство показателя токсичности единице.

Экспериментальная оценка изменения концентрации вредных примесей в отсеке барокамеры КДВ-1600 проводилась по следующей методике:

- Определялась фактическая концентрация оксида углерода, аммиака и ацетона в отсеке барокамеры.
- Затем в отсек помещалось три испытателя, после чего в отсеке повышалось давление воздуха до 0,02 кгс/см<sup>2</sup> (2,0 м. вод ст) и включался в работу патрон

удаления диоксида углерода. Контроль содержания кислорода и диоксида углерода в атмосфере отсека проводился прибором комплексного контроля гипербарической газовой среды «КОНВОЙ-2М», модификации 01. При достижении концентрации кислорода в отсеке менее 20%, в отсек проводилась его дозированная подача до достижения концентрации не более 21%.

- Через час пребывания в отсеке людей проводился первый отбор пробы из атмосферы отсека. Затем включался патрон удаления вредных примесей, установленный в отсеке, после чего отбор атмосферы отсека проводился каждый час. Общее время нахождения людей в отсеке составило 3 часа 10 минут.

Отбор проб атмосферы и их анализ проводился специалистами ООО «Это Тест Экспресс» г. Москва. В качестве оборудования для отбора проб использовался аспиратор ПУ-4Э, зав.№ 5958, поверка которого действительна до 17.03.2018 г.

Результаты эксперимента в таблице 2.

Таблица 2.

**Концентрация оксида углерода, аммиака и ацетона, измеренная в отсека барокамеры КДВ-1600 при проверке работоспособности штатного патрона удаления вредных примесей.**

Время (мин)	Концентрация диоксида углерода (мг/м <sup>3</sup> )		Концентрация аммиака (мг/м <sup>3</sup> )		Концентрация ацетона (мг/м <sup>3</sup> )	
	Измеренная	ПДК	Измеренная	ПДК	Измеренная	ПДК
0	-	5,0	0,04	0,8	< 0,002	5,0
60	0,5		0,051		0,02	
120	0,5		0,059		0,02	
180	0,5		0,07		0,02	

На основании полученных экспериментальных данных был определён показатель токсичности, соответствующий суммарному воздействию оксида углерода, аммиака и ацетона, находящихся в атмосфере отсека барокамеры и построена графическая зависимость его изменения во времени.

Видно, что эксплуатация барокамер в режиме вентиляции по «замкнутому» циклу с использованием только патронов удаления диоксида углерода приводит к недопустимому накоплению в атмосфере отсека вредных веществ. К моменту завершения режима тренировочного спуска на 100 м. показатель токсичности даже в отсеке КДВ-1600 (РБК-1600), обладающей максимальным объёмом, превышает предельно допустимое значение в 1,5 раза, а в отсеке минимального объёма (РКУМу) – в 3,5 раза.

При проведении лечебных режимов, характеризующихся длительным периодом их проведения (от одних суток до пяти) превышение показателя токсичности максимально допустимого значения может достигнуть катастрофических значений.

На этом же рисунке представлена графическая зависимость показателя токсичности в отсеках этих же камер при их вентилировании в соответствии с требованиями ПВС ВМФ-2002, а так же зависимость показателя токсичности в отсеке барокамеры КДВ-1600 при работающем патроне удаления вредных примесей, построенная по данным эксперимента. Видно, что применение патрона удаления вредных примесей при «замкнутом» цикле вентиляции или выполнение требований ПВС ВМФ-2002 по вентилированию отсеков воздухом по открытому циклу исключают возможность накопления вредных веществ в атмосфере отсека в количестве, превышающем предельно допустимые нормы.

**Выводы:**

1. Полученные результаты свидетельствуют, что применение «замкнутого» цикла вентиляции отсеков барокамер с использованием только средств очистки атмосферы от диоксида углерода - не допустимо.
2. При отсутствии технических средств удаления вредных примесей из атмосферы отсека, необходимо строго выполнять требования ПВС ВМФ-2002 в части проведения вентиляции отсека чистым воздухом.