

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ РАБОТ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОКЛАВНОЙ УСТАНОВКИ В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ

Юдичева И.Н., Горшенина Е.Л.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

В настоящее время на предприятиях все более широкое применение находят системы с сосудами, работающими под давлением. Сосуды, работающие под давлением – это герметично закрытые емкости, которые предназначены для осуществления химических и тепловых процессов, а также для хранения и перевозки сжатых, сжиженных газов и жидкостей. [1] К ним относят автоклавные установки, газовые и водогрейные котлы, компрессоры, газовые баллоны, паро- и газопроводы, бочки и цистерны для хранения и транспортировки.

Автоклавная установка – устройство, предназначенное для обработки медицинских изделий насыщенным водяным паром. Широко применяется в медицинских учреждениях различного профиля, исследовательских центрах и микробиологических лабораториях, а также на некоторых фармацевтических и других предприятиях.

Паровая стерилизация является наиболее распространенной и эффективной. Насыщенный водяной пар под давлением является оптимальным средством уничтожения всех видов микроорганизмов. Данному типу стерилизации подвергаются изделия медицинского назначения, соприкасающиеся с раневой поверхностью, кровью или инъекционными препаратами и отдельные виды изделий, которые в процессе эксплуатации соприкасаются со слизистой оболочкой и могут вызвать ее повреждение. [2] Это изделия из текстиля (хирургическое белье и перевязочный материал), резины (перчатки, трубки, бужи, катетеры и т.п.), металла (хирургический инструментарий), стекла (лабораторная посуда и др.), лигатурного шовного материала и др., воздействие пара на которые не вызывает изменения их функциональных свойств.

Паровые стерилизаторы различаются по конструкции, размерам, рабочему давлению и другим показателям. Применяемые в медицинских учреждениях автоклавы относятся к аппаратам, работающим под избыточным давлением пара до 2-2,5 мПа (0,2-0,25 кгс/см<sup>2</sup>). Более часто используются круглые и прямоугольные паровые стерилизаторы. В вертикальных аппаратах загрузку и выгрузку стерилизуемых материалов проводят сверху. В горизонтальные стерилизаторы, оборудованные одной дверью, загрузку и выгрузку производят с одной стороны. Эти аппараты называют односторонними, или непроходными. Стерилизаторы с двумя дверями, расположенными одна против другой, называют проходными, или двусторонними. Такие аппараты дают возможность разделить стеной стерилизационное помещение на две половины: подготовительную (грязную) и асептическую (чистую).

Медицинские переносные паровые стерилизаторы выпускаются нескольких типов, различающихся размерами, объемом, а, следовательно, и

производительностью, они состоят из трех вертикально установленных стальных цилиндров, размещенных один в другом. Внутренний цилиндр с нижним выпуклым днищем является стерилизационной камерой, в которую загружаются подлежащие стерилизации предметы. Средний цилиндр называется водопаровой камерой, в которую заливается вода, превращающаяся при нагревании в пар. Водопаровая камера закрывается чугунной крышкой, вращающейся на петлях. Водопаровая и стерилизационная камеры сообщаются между собой через выемки, сделанные в бортах стерилизационной камеры.

Наружный цилиндр – кожух – защищает водопаровую камеру от тепловых потерь. Паровые стерилизаторы снабжаются манометром, предохранительным клапаном. Под днищем водопаровой камеры расположен источник нагрева воды. Пар, получающийся в результате кипения воды, поступает в верхнюю часть стерилизационной камеры. Перед началом прогревания краник на отводящей трубе остается открытым, и через трубку выходят воздух и пар. Затем отводящая трубка перекрывается краником, давление повышается и вещи, находящиеся в стерилизаторе, прогреваются паром.

Существуют шкафные и другие конструкции паровых стерилизаторов различной вместимости. Наряду с простейшими конструкциями в настоящее время существуют паровые стерилизаторы, представляющие собой сложные автоматические устройства, оснащенные различными приборами и аппаратами, в которых применяют различные системы для удаления воздуха и одновременного прогрева стерилизационной камеры, механизмы для автоматической загрузки и выгрузки стерилизуемых предметов, специальную контрольную и регистрирующую аппаратуру. Полезный объем стерилизаторов составляет 4, 10, 12, 30, 50, 75, 100, 280, 400, 560, 760 дм<sup>3</sup> и более.

Рассмотрим более подробно стерилизатор паровой с возможностью автоматического и ручного управления ГК-400-5 с горизонтальной стерилизационной камерой.

Способ управления автоклавной установкой – автоматический. Для отладочных целей и для завершения прерванного цикла при отказе стерилизатор комплектуется выносным пультом ручного управления исполнительными механизмами, который может подключаться к разъему «Управление ручное» на электрошкафе стерилизатора и, с помощью которого можно управлять всеми исполнительными механизмами установки, кроме электронагревателей парогенератора.

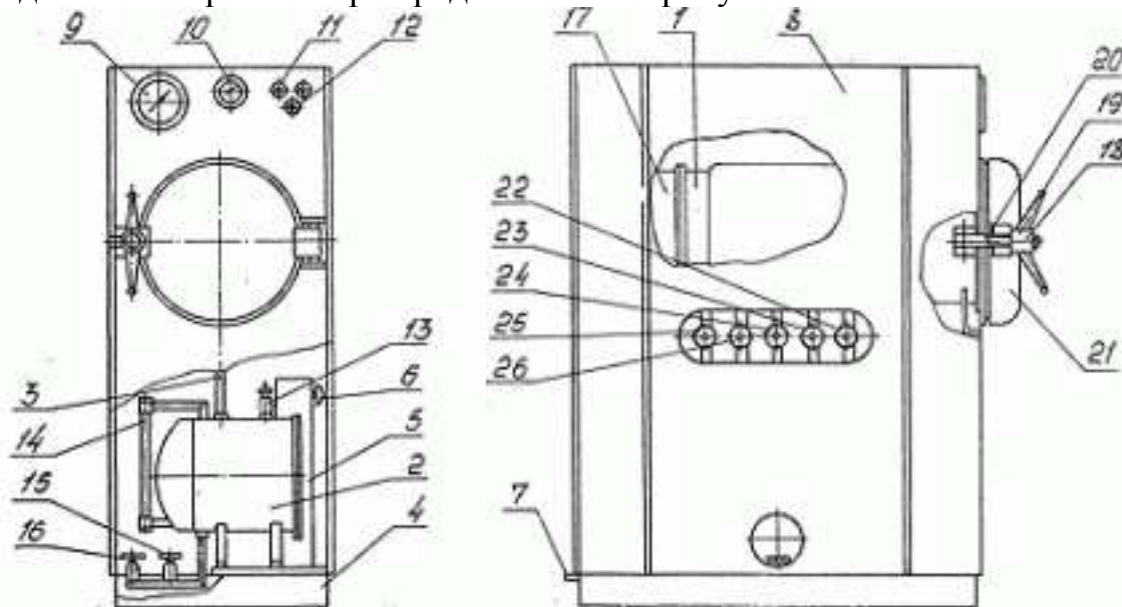
В автоматическом режиме автоклав обеспечивает в загруженном состоянии режимы стерилизации, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы стерилизации

Температура стерилизации, °С	Давление пара в стерилизационной камере,	Время стерилизационной выдержки, мин.
------------------------------	--	---------------------------------------

		МПа		
номинал.	номинал.	пред. откл.	номинал.	пред. откл.
121...135	0,11...0,23	±0,01	0...45	+ 2
134	0,21	±0,01	5	+ 1

Схема данного стерилизатора представлена на рисунке 1.



- 1 – камера стерилизационная;
- 2 – парогенератор;
- 3 – трубопровод;
- 4 – каркас;
- 5 – конденсатор;
- 6, 22-26 – клапаны электромагнитные;
- 7 – зажим заземления;
- 8 – панели облицовочные;
- 9 – манометр электроконтактный;
- 10 – мановакуумметр;
- 11, 12 – кнопки пульта управления;
- 13 – клапан предохранительный парогенератора;
- 14 – трубопровод;
- 15, 16 – кран слива воды;
- 17 – задняя дверь стерилизационной камеры;
- 18 – рукоятка;
- 19 – прижим;
- 20 – винт прижима;
- 21 – крышка

Рисунок 1 – Устройство автоклавной установки с возможностью автоматического и ручного управления ГК-400-5

Стерилизационная камера имеет цилиндрическую форму. Снаружи камера покрыта термоизоляцией. В нижнюю часть камеры вмонтирован платиновый датчик температуры, с помощью которого осуществляется поддержание требуемого температурного режима. Для визуального контроля давления в

стерилизационной камере, на передней панели стерилизатора имеется мановакууметр 10.

Техническая характеристика и параметры стерилизационной камеры приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Техническая характеристика и параметры стерилизационной камеры

Параметр		Величина
Рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )		0,22 (2,2)
Расчетное давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )		0,3 (3)
Пробное давление испытания, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	гидравлического	1,48 (148)
	пневматического	–
Рабочая температура среды, °С		134
Расчетная температура стенки, °С		143
Наименование рабочей среды		пар
Характеристика рабочей среды	взрывоопасность	да
	пожароопасность	нет
Вместимость, м <sup>3</sup>		0,4
Расчетный срок службы сосуда, лет		10

Сосуды, работающие под давлением, представляют потенциальную опасность. Автоклавная установка не является исключением, что подтверждается данными, приведенными в таблице 2. Вследствие нарушения режима эксплуатации и различных дефектов могут происходить взрывы с разрушением зданий, сооружений, оборудования, а также гибели и травмирования людей из-за высвобождения при разрушении сосуда огромной энергии. При взрыве происходит расширение находящегося в нем сжатого газа (адиабатный процесс), практически без потерь энергии в окружающую среду.

Согласно научной классификации, все взрывы по механизму возникновения и образования опасных факторов (последствий взрыва) можно подразделить на физические, химические и комбинированные. [3]

Аварии с автоклавами имеют физический механизм возникновения и могут произойти из-за превышения давления пара сверх допустимого, открытия крышек при наличии давления более 0,01 МПа (0,1 кгс/см<sup>2</sup>) в автоклаве, впуска пара при неполном закрытии крышек и т.д. При этом происходит физическое изменение вещества, сопровождающееся мгновенным выделением большого количества энергии. При этом в нем резко снижается давление, и вода мгновенно испаряется. Объем, занимаемый этим паром, значительно превышает объем воды, подводимый к парогенератору. Части автоклавной установки разлетаются на значительное расстояние, принося разрушения в здании и за его пределами.

Для аварий на промышленных объектах, которые не сопровождаются пожарами и химическими взрывами, наиболее характерными поражающими факторами

являются ударная волна и осколочное воздействие при физических взрывах технологических аппаратов, находившихся под давлением.

Установлено, что средняя степень разрушения здания вызывается избыточным давлением ( $\Delta P$ , кПа) при физических взрывах, эквивалентных взрывам взрывчатых веществ или горючих газо-паровоздушных смесей с импульсом ударной волны ( $i$ , кПа/с) в интервале от 111,3 кПа/с до 121,3 кПа/с.

Известно, что энергетический потенциал ( $E$ , МДж) взрыва сосудов с негорючими газами определяется энергией адиабатического расширения газов – единственной энергией, которая высвобождается при взрывах таких сосудов, находящихся под давлением. В данном случае, энергетический потенциал взрыва парогенератора автоклавной установки обуславливается энергией адиабатического расширения насыщенного водяного пара. Являясь негорючим веществом, насыщенный водяной пар при физическом взрыве не образует дополнительной энергии, которая выделяется при сгорании горючих газов.

В данном исследовании энергетический потенциал ( $E$ ) физического взрыва парогенератора автоклава определяется в соответствии с методикой [4] по формуле:

$$E = V \frac{P_p - P_0}{k - 1}, \quad (1)$$

где  $k$  – показатель адиабаты, для насыщенного водяного пара при температуре 100 °С  $k=1,324$ ;

$V$  – объём разрушившегося резервуара, м<sup>3</sup>;

$P_0$  – атмосферное давление, принимается равным 0,1 МПа;

$P_p$  – давление разрушения резервуара, МПа.

Давление разрушения резервуара ( $P_p$ ) оценивается по формуле:

$$P_p = 1,2 \cdot P_{пр}, \quad (2)$$

где  $P_{пр}$  – пробное давление при гидравлическом испытании сосуда, МПа.

Из представленных на исследование материалов известно, что пробное давление при гидравлическом испытании стерилизационной камеры составляло 1,48 МПа. Объём парогенератора автоклавной установки ГК-400-5 равен 0,4 м<sup>3</sup>.

Подставляя исходные данные в формулы 1 и 2, получим:

$$P_p = 1,2 \cdot 1,48 = 1,78 \text{ МПа},$$

$$E = 0,4 \frac{1,78 - 0,1}{1,324 - 1} = 2,07 \text{ МДж}.$$

Определяем мощность физического взрыва парового стерилизатора ГК-400-5 в тротиловом эквиваленте:

$$W_T = \frac{0,4 \cdot E}{0,9 \cdot q_T}, \quad (3)$$

где  $q_T$  – удельная энергия взрыва тринитротолуола, по справочным данным равна 4,19 МДж/кг.

В нашем случае мощность физического взрыва парового стерилизатора составит

$$W_T = \frac{0,4 \cdot 2,07}{0,9 \cdot 4,19} = 0,22 \text{ кг.}$$

Проведенный расчет показал, что энергия физического взрыва парогенератора автоклавной установки составит 2,07 МДж, что эквивалентно мощности взрыва 220 г тринитротолуола.

Таким образом, автоклавная установка с возможностью автоматического и ручного управления ГК-400-5 является объектом повышенной опасности и требует соблюдения действующих правил технической эксплуатации, техники безопасности и режимов работы установки, а также соблюдения трудовой и производственной дисциплины. Приказом руководителя учреждения назначается лицо, ответственное за безопасную эксплуатацию стерилизаторов, специально подготовленное, прошедшее проверку знаний и имеющее удостоверение.

Вход в стерилизационную во время работы стерилизаторов разрешается только обслуживающему персоналу, а также лицам, осуществляющим надзор за работой паровых стерилизаторов. Проведение в стерилизационной каких-либо работ, не связанных с эксплуатацией или ремонтом автоклавной установки, запрещается.

Помимо организационных мер, безаварийная работа автоклавов достигается также качеством изготовления, режимом эксплуатации, своевременным проведением технического освидетельствования и профилактических ремонтов в установленные сроки.

Во избежание аварий, автоклавные установки необходимо оборудовать системой блокировок, исключающей выпуск пара в автоклав с не полностью закрытыми крышками, а также открывание крышек при наличии давления в установке.

#### *Список литературы*

- 1 Сосуды, работающие под давлением, котлы и трубопроводы: Сборник нормативных документов. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2013. – 528 с.*
- 2 Клиническая стоматология: официальная и интегративная: руководство для врачей / под ред. проф. А. К. Иорданишвили. – СПб. : СпецЛит, 2008. – 431 с.*
- 3 Таубкин, И. С. Судебная экспертиза техногенных взрывов / И. С. Таубкин. – М.: Изд-во «Юрлитинформ», 2009. – 592 с.*
- 4 Кардаков, С. В. Оценка поражающего действия взрывов реципиентов и их учет при проектировании производств продуктов разделения воздуха / С. В. Кардаков, А. В. Фёдорова // Технические газы. – 2009. – № 1. – С. 58-63.*

