



Кафедра пожарной безопасности
технологических процессов и производств



Тема «Защита технологического оборудования от разрушения при взрыве»



Учебные цели:

Изучить автоматические системы подавления взрывов, способы защиты технологического оборудования от разрушения при взрыве, виды и устройство предохранительных клапанов и мембран, методику расчёта требуемой безопасной площади разрывной мембраны при разгерметизации технологического аппарата.

Учебные вопросы:

1. Автоматические системы подавления взрывов
2. Виды и устройство взрывных предохранительных клапанов и мембран.



Литература

Основная:

1. Пожарная безопасность технологических процессов. Учебник/ С.А.Горячев, С.В.Молчанов, В.П.Назаров и др.; Под общ. ред.В.П.Назарова и В.В.Рубцова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007.- 221с.

Дополнительная:

1. Бесчастнов М.В. Взрывобезопасность и противоаварийная защита химико-технологических процессов. — М.: Химия, 1983. — 472 с.
2. Водяник В.И. Взрывозащита технологического оборудования. — М.: Химия, 1991. — 256 с.



Литература

Нормативные документы:

1. Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденные постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 года №390.
2. ПБ-09-540-03. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.
3. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008г. №123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”
4. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 28 июня 2012 г. N 375 г.



Кафедра пожарной безопасности
технологических процессов и производств



Вопрос 1

Автоматические системы подавления взрывов



Защита аппаратов обеспечивается **устройством автоматических систем подавления взрыва (АСПВ)**, основанных на быстрой регистрации очага воспламенения и последующем воздействии на него огнетушащим веществом.

Возможность активного подавления уже начавшегося взрыва обусловлена тем, что нарастание давления в начальной стадии происходит относительно медленно и имеется интервал времени t_m , в течение которого горение можно прекратить. Этот интервал времени называют "индукционным" или "инкубационным" периодом развития взрыва.

Эффективное подавление взрыва происходит только

когда $t_{аспв} + t_{г} < t_{m}$

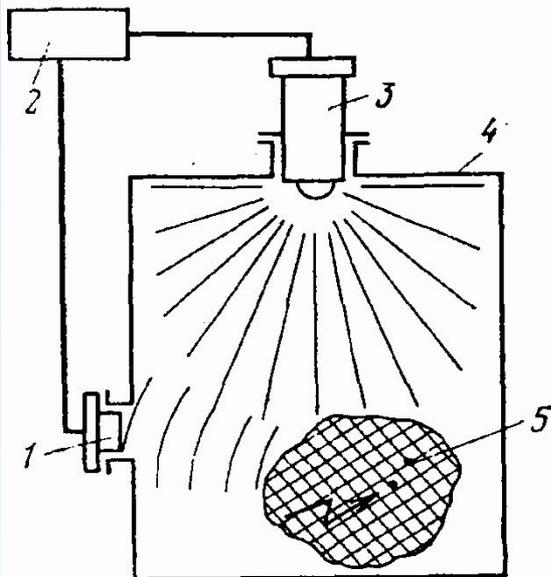


Рис. 1. Принципиальная схема АСПВ:

- 1- индикатор взрыва;
- 2- блок управления;
- 3 - взрывоподавитель;
- 4 - защищаемый аппарат;
- 5 - очаг взрыва

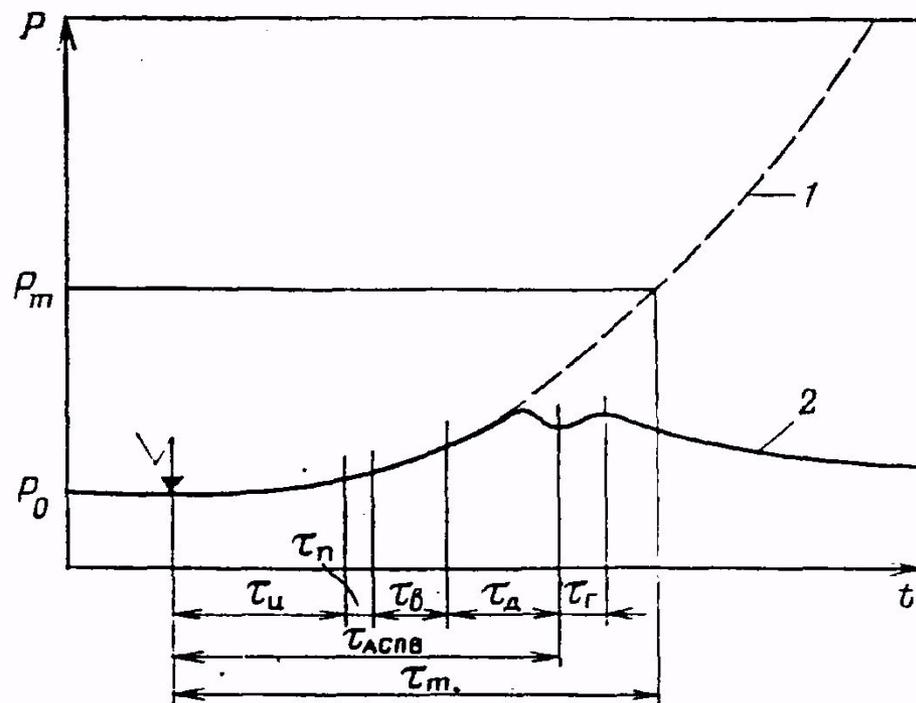


Рис. 2. Изменение давления в аппарате при взрыве:

- 1 - без подавления взрыва;
- 2 - при подавлении взрыва.



Время срабатывания АСПВ ($t_{аспв}$) включает в себя следующие величины:

$$t_{аспв} = t_{и} + t_{п} + t_{в} + t_{д}, \quad (1)$$

где $t_{и}$ - время срабатывания индикатора взрыва, то есть время от момента возникновения взрыва до момента его обнаружения индикатором и выдачи командного импульса;

$t_{п}$ - время передачи командного импульса от индикатора через блок управления на взрывоподаватель;

$t_{в}$ - время срабатывания взрывоподавителя;

$t_{д}$ - время движения ингибирующего состава от взрывоподавителя до очага пламени.

Быстродействие – это одна из наиболее важных характеристик АСПВ, которая во многих случаях полностью определяет ее эффективность. Для уменьшения величины $t_{аспв}$ на практике стремятся предельно уменьшить каждую из ее составляющих.



Функция **индикатора взрыва** заключается в обнаружении взрыва на ранней стадии его развития и формировании соответствующего командного сигнала на срабатывание системы.

Взрывы в замкнутых объемах сопровождаются излучением, повышением температуры и давления, а также ионизацией газа.

Индикатор взрыва АСПВ - устройство, преобразующее один из указанных параметров в электрический сигнал.

Блок управления служит для усиления сигналов, поступающих от индикаторов взрыва и подачи достаточно мощных командных импульсов к взрывоподавителям.

Необходимость в усилении сигналов от индикаторов взрыва обычно возникает в связи с тем, что эти сигналы маломощны либо по условиям высокой чувствительности индикаторов, либо с целью обеспечения искробезопасности их электрических цепей.



Взрывоподавители являются **самыми** ответственными устройствами.

Основное требование - быстро и равномерно по объему защищаемого пространства распределить содержащийся в них запас пламеподавляющего состава.

Различают три типа **взрывоподавителей**:

- **разрушаемые оболочки,**
- **пневматические распылители,**
- **гидроимпульсные устройства.**

Выбор огнетушащего вещества во взрывоподавителях производится в зависимости от условий технологического процесса и физико-химических свойств обращающихся веществ с учетом максимальной его эффективности и инертности к перерабатываемому веществу.



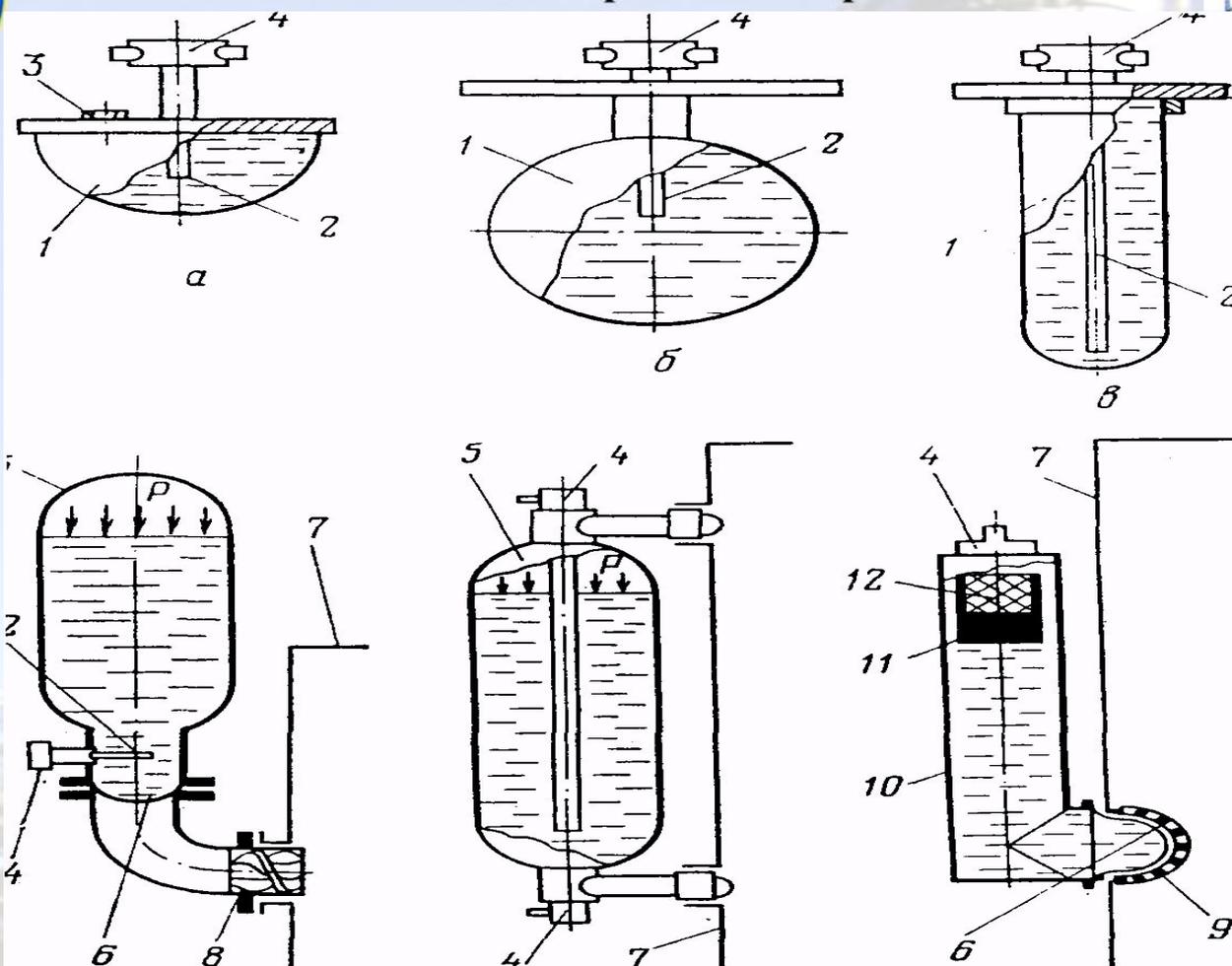
Взрывоподавители типа **разрушаемая оболочка** –

**полусферическая,
сферическая,
цилиндрическая.**

Оболочка 1 заполнена обычно жидким пламеподавляющим веществом, однако не исключено использование и порошкообразных составов. Детонатор 2 имеет герметичный чехол, а электропитание к нему подводится через коробку 4. При взрыве детонатора оболочка должна разрушаться полностью, а не разрываться в каком-либо одном месте. Это условие является обязательным для равномерного распределения состава по защищаемому объему.



Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств



а, б, в - разрушаемые оболочки; г, д - пневматические распылители; е - гидроимпульсное устройство; 1 - оболочка; 2 - детонатор; 3 - пробка; 4 - электрическая коробка; 5 - баллон; 6 - мембрана; 7 - защищаемый аппарат; 8 - разбрызгиватель; 9 - распылительный насадок; 10 - цилиндр; 11 - поршень; 12 - пороховой заряд



В **пневматических распылителях** огнетушащее вещество находится в специальных баллонах 5 под избыточным давлением инертного газа. При срабатывании электродетонатора 2 разрушается мембрана 6, и огнетушащее вещество под давлением 2 - 12 МПа впрыскивается в полость аппарата.

Преимущество пневматических распылителей по сравнению с разрушающимися оболочками заключается в том, что они располагаются вне объема аппарата, не создают помех внутри аппарата и не подвержены вредному влиянию (температурному воздействию, коррозии и т.п.) технологического продукта.



Гидроимпульсное устройство - форсуночный распылитель с пороховым зарядом. Жидкий пламеподавляющий состав заполняет цилиндр 10, на конце которого установлен распылительный насадок 9. Отверстия в насадке закрыты мембраной 6. При инициировании порохового заряда 12 под действием давления пороховых газов мембрана прорывается в каждом из отверстий распылительного насадка, и жидкость поршнем 11 вытесняется в полость защищаемого аппарата 7 в виде множества струй. Пламеподавляющий состав буквально "выстреливается" при помощи пороховой навески, поэтому гидроимпульсные устройства называют "гидрохлопушками".



Вопрос 2

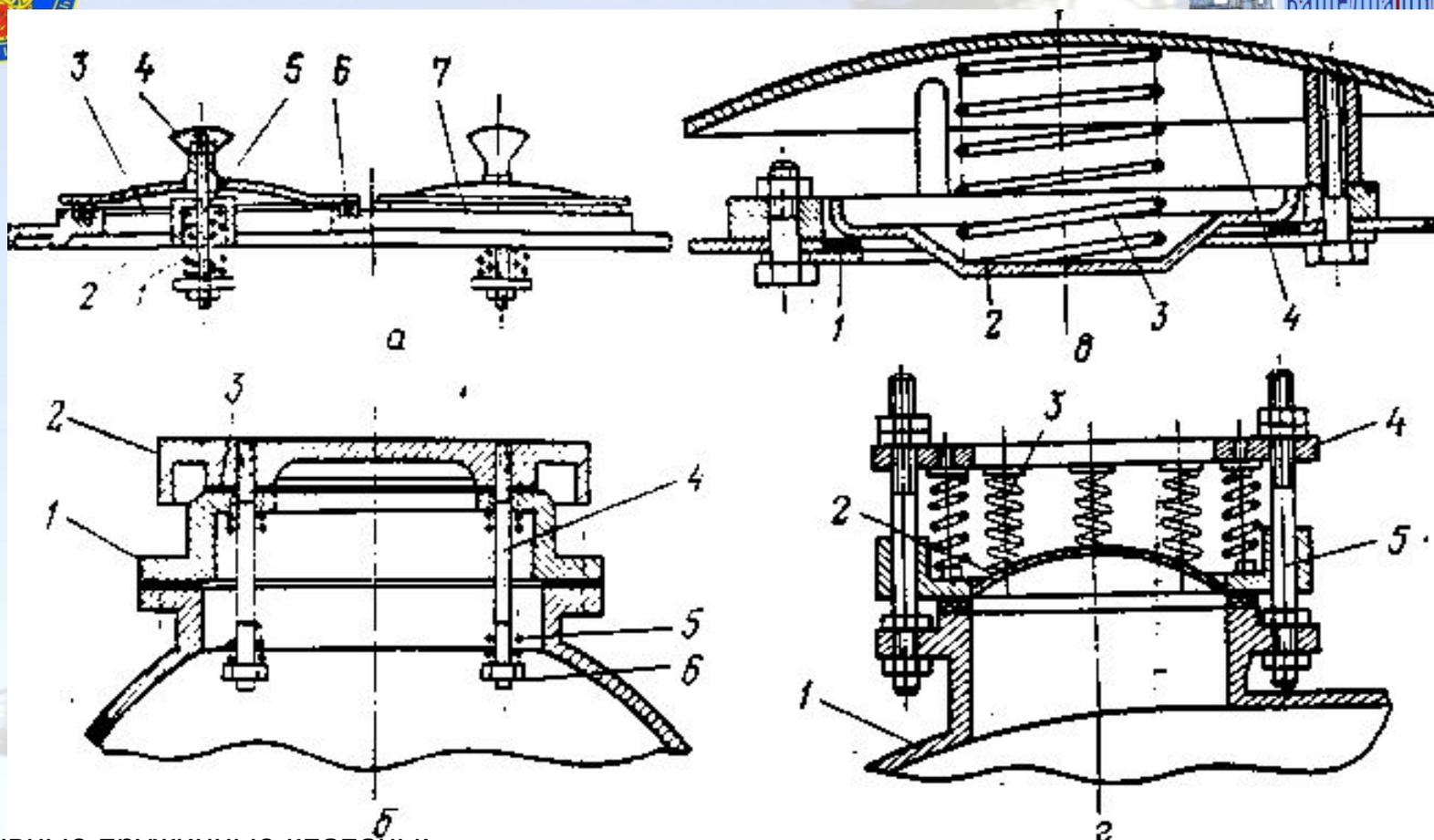
Виды и устройство взрывных предохранительных клапанов и мембран



Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств



Классификация основных видов предохранительных устройств для сброса давления взрыва из технологического оборудования



Взрывные пружинные клапаны:

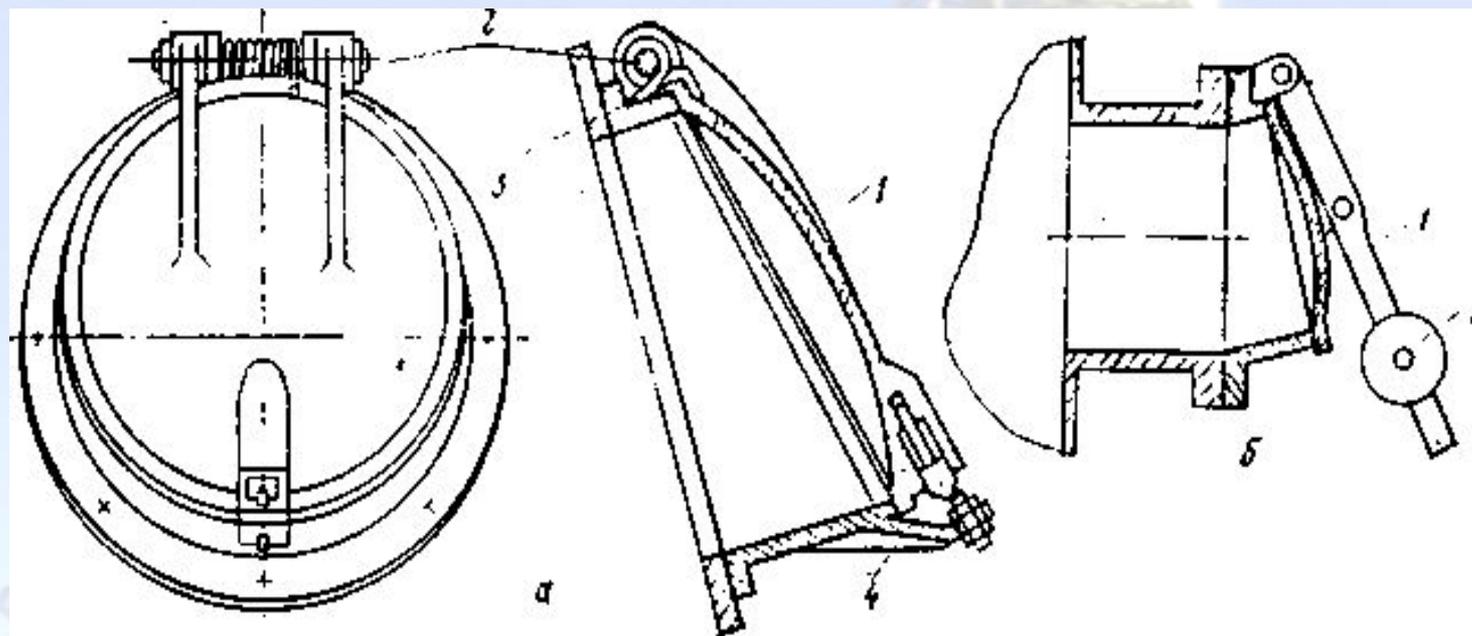
а - с внутренней центральной пружиной; 1, 2 - пружины; 3 - крышка; 4 - ручка; 5 - шток; 6 - уплотнительное кольцо; 7 - корпус;

б - литой клапан с внутренними периферийными пружинами; 1 - чугунный корпус; 2 - чугунная крышка; 3 - паронитовая прокладка; 4 - шпилька; 5 - пружина; 6 - гайка;

в - клапан фирмы МАН; 1 - прокладка; 2 - крышка; 3 - пружина; 4 - отражатель;

г - клапан с наружными периферийными пружинами;

1 - защищаемый аппарат; 2 - запорный диск; 3 - пружина; 4 - кольцо; 5 - штанга



Взрывные клапаны откидного типа:

а - с защелкой;

б - с грузом;

1 - откидной люк; 2 - шарнир; 3 - пружина; 4 - защелка; 5 – груз



Взрывные клапаны имеют ряд существенных недостатков, которые ограничивают область их применения:

- абсолютно ненадежны при работе в средах, склонных к кристаллизации, полимеризации и т.п.
- дают существенные протечки в закрытом состоянии, что сопряжено с потерями ценных продуктов и загрязнением окружающей среды.

Поэтому взрывные предохранительные клапаны устанавливают в основном на технологическом оборудовании, работающем при атмосферном давлении.

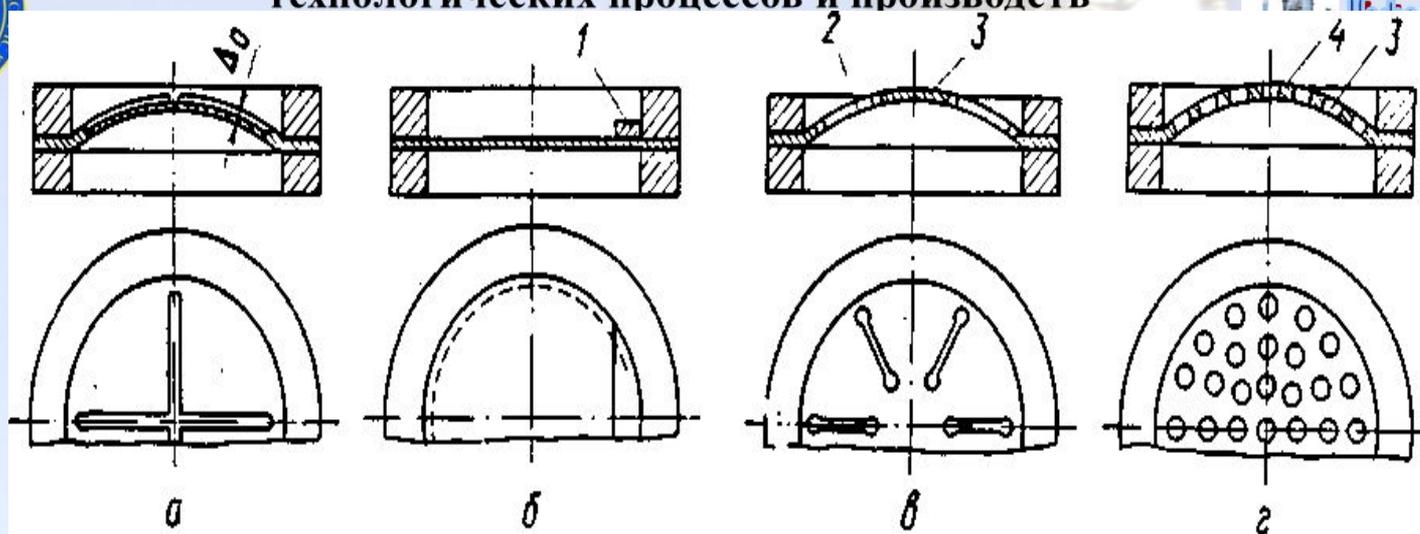


Мембранные предохранительные устройства являются наиболее надежными среди всех существующих средств взрывозащиты.

Мембраны меньше других устройств подвержены влиянию кристаллизации и полимеризации среды, обеспечивают полную герметичность оборудования (до срабатывания) и не имеют ограничений по пропускной способности. В промышленности применяют большое число типов и конструктивных разновидностей.

По характеру разрушения:

- разрывные,
- хлопающие,
- ломающиеся,
- срезные,
- выщелкивающиеся
- отрывные.



Предохранительные разрывные мембраны:

а - с радиальными рисками; б - с круговыми рисками;
в - с прорезями; г - с вакуумной опорой;

1 - упор; 2 - герметизирующая подложка; 3 - мембрана; 4 - вакуумная опора

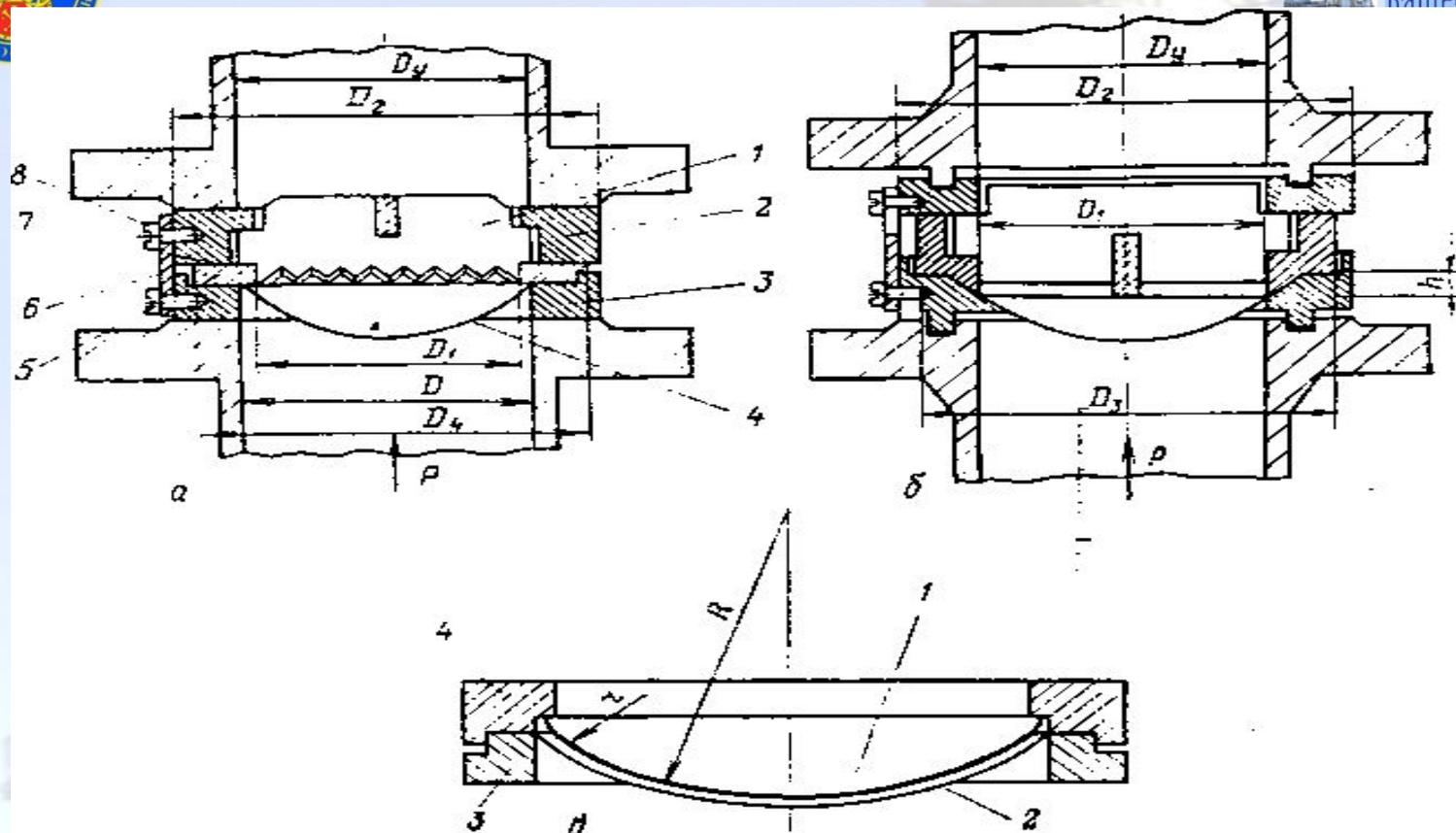
Разрывные мембраны - наиболее простые и распространенные среди всех применяемых на технологическом оборудовании типов мембран; при взрыве должны мгновенно разрываться; изготавливают из тонколистового проката пластичных металлов (алюминий, никель, медь, латунь, титан, монель (сплавы на основе никеля (Ni+Cu) и т.п.)

При небольших рабочих давлениях в защищаемых аппаратах для изготовления мембран иногда используют неметаллические материалы – полиэтиленовые и фторопластовые пленки, бумагу, картон, паранит, асбест.¹



Хлопающие мембраны используются в основном для защиты аппаратов, работающих на знакопеременном режиме давления.

Имеют форму сферического купола, выпуклая сторона которого обращена к зоне повышенного давления, то есть внутрь аппарата. При повышении давления сверх критического сферический купол мембраны теряет устойчивость и выворачивается в обратную сторону. При этом **хлопающая мембрана со свободной заделкой** за счет энергии прощелкивания вылетает из кольца, а **хлопающая с заземленным контуром** ударяется о неподвижный крестообразный нож и разрезается.



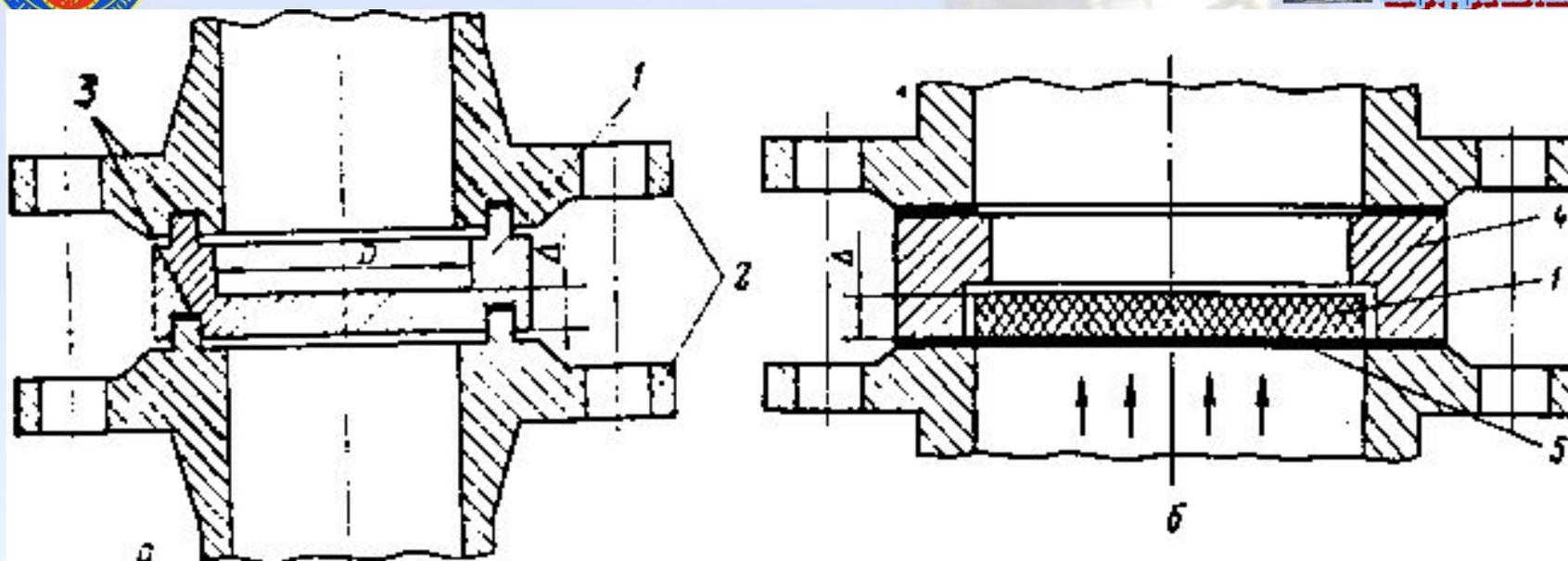
Хлопающие предохранительные мембраны:
а - с плоским зажимом и зубчатым ножом; 1 - нож; 2, 3, 5 - зажимные кольца;
4 - мембрана; 6 - пленка; 7 - прокладка; 8 - винт;
б - с коническим зажимом и гладким ножом; в - хлопающая мембрана с
переменной кривизной и свободной заделкой;
1 - мембрана; 2 - пленка; 3, 4 - кольца



Ломающиеся мембраны используются для защиты аппаратов, работающих в условиях динамических и пульсирующих нагрузок.

При срабатывании ломаются, изготавливаются из хрупких материалов: чугуна, графита, эбонита, поливинилхлорида и др. Срабатыванию ломающихся мембран не предшествуют заметные пластические деформации, поэтому они являются наименее инерционными.

Существенным недостатком таких мембран является большой разброс давления срабатывания, поэтому во многих случаях они не обеспечивают надежной защиты оборудования.



Ломаящиеся мембраны:

а - с выточкой;

б - со свободной заделкой;

1 - мембрана; 2 - фланцы; 3 - прокладки; 4 - кольцо; 5 - пленка



Срезные мембраны при срабатывании срезаются по острой кромке прижимного кольца, полностью освобождая проходное сечение для выхода газов.

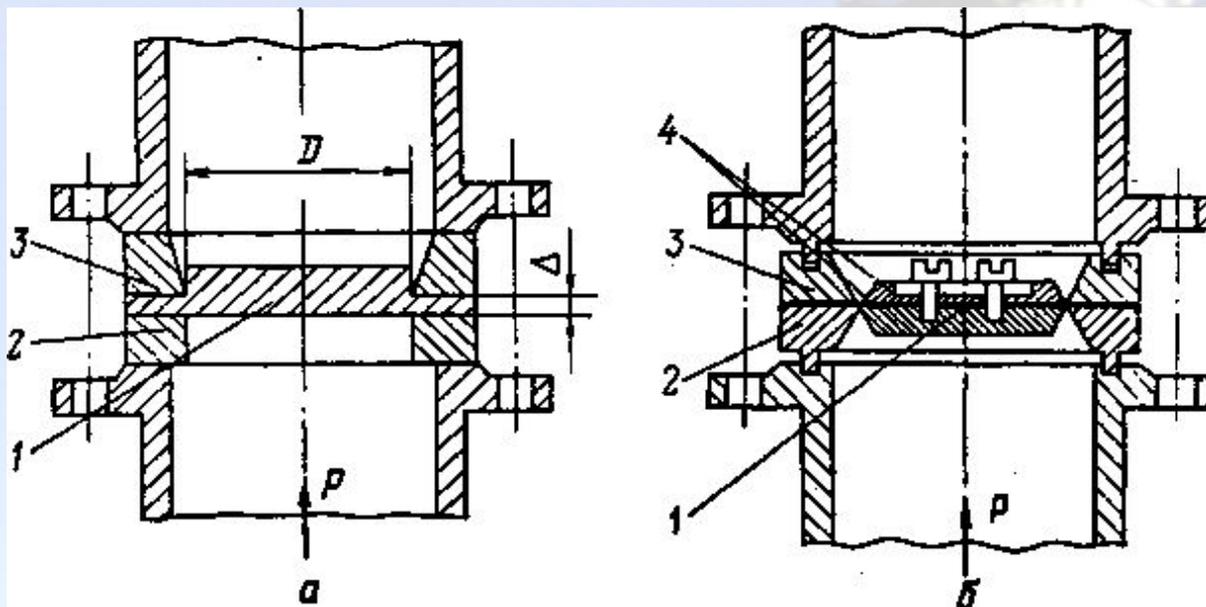
Изготавливают из мягкого листового проката.

Накладные диски и зажимные кольца делают калеными из качественных сталей с остро заточенными режущими кромками.

Основной недостаток мембран этого типа состоит в большом разбросе давления срабатывания, так как оно определяется не только механическими свойствами мембраны, но и состоянием режущих кромок деталей узла.



Кафедра пожарной безопасности
технологических процессов и производств



Срезные мембраны:

а - с утолщением;

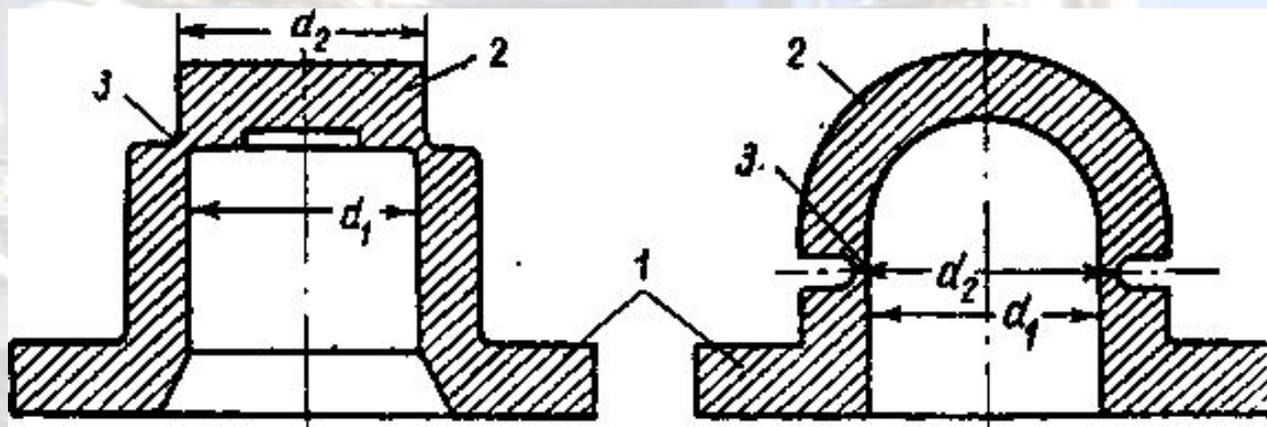
б - с накладными дисками;

1 - мембрана; 2, 3 - кольца; 4 – диски



Отрывные мембраны применяются в основном для защиты аппаратов, работающих под большим рабочим давлением.

Под воздействием взрывного давления мембраны открываются по ослабленному сечению и открывают выход продуктам горения.



Конструкции отрывных мембран:

1 - фланцы; 2 - мембрана; 3 - ослабленное сечение



Типы и конструкции мембранных предохранительных устройств должны выбираться в соответствии с расчетными и заданными давлениями срабатывания и с учетом конкретных условий работы оборудования, а также требований взрывозащиты.

При защите мембранами конкретных аппаратов в соответствии с НД расчетом определяют размеры мембраны, общую площадь, диаметр и толщину.

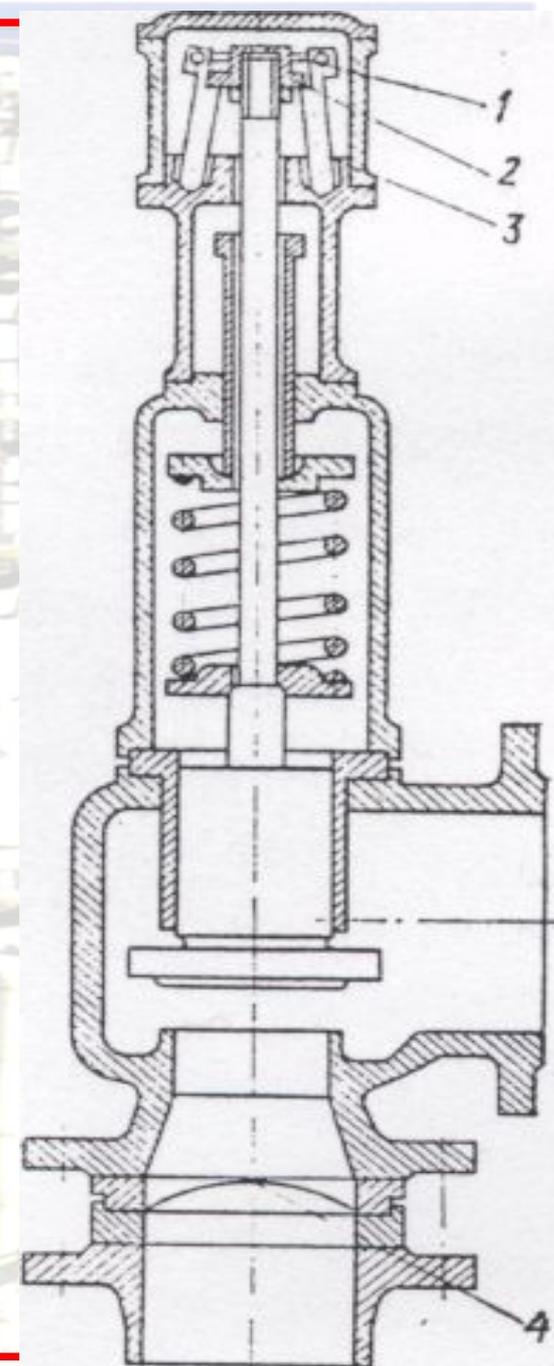
Основным недостатком предохранительных мембран является то, что после их срабатывания сбросное отверстие остается открытым. Это приводит к утечке большого количества горючих продуктов в атмосферу, к проникновению воздуха в систему и образованию больших объемов взрывоопасных парогазовоздушных смесей в производственных помещениях, на территории предприятия и в аппаратуре.



Кафедра пожарной безопасности
технологических процессов и производств

Наличие недостатков, как у взрывных клапанов, так и у мембран привело к созданию комбинированных предохранительных устройств. Одна из конструкций таких устройств показана на рисунке. Данное предохранительное устройство работает как мембрана до первого срабатывания и как предохранительный клапан до замены, сработавшей мембраны. Основное отличие такой модификации предохранительного клапана состоит в том, что в нормальном рабочем состоянии золотник клапана приподнят и удерживается в этом положении упорами, защемленными за выступ на штоке.

Предохранительный клапан с мембраной:
1 - пружина; 2 - выступ на штоке; 3 - упоры;
4 – мембрана





Эффективность работы предохранительных устройств зависит:

- от их конструктивных особенностей,
- от места установки на технологическом оборудовании.

На аппаратах устройства для сброса давления взрыва должны устанавливаться преимущественно в верхней их части, а на трубопроводах – в тупиках и на поворотах.

продукты горения отводят в наиболее безопасную сторону (нет людей, пожаровзрывоопасного оборудования, горючих веществ и материалов, сгораемых конструкций и т.п.)

В случае отсутствия таких возможностей от предохранительных устройств необходимо устраивать вертикальные отводные трубы для сброса продуктов горения за пределы помещения.



Срок службы предохранительных устройств в промышленных условиях

следует определять исходя из коррозионной стойкости материала в среде защищаемого аппарата, с учетом рабочей температуры, степени нагружения, характера нагрузок и т.п.

После истечения установленного срока службы устройства должны заменяться на новые.

В процессе эксплуатации предохранительных устройств необходимо следить за их состоянием, предупреждать повреждения и не допускать их загрязнения пылью и другими отложениями.