



А. В. Карелин, коммерческий директор ООО «ИПК Промо-Консалтинг»

## ОСОБЕННОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ТЭК И КРИТЕРИИ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ДОЗИРОВАНИЯ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Объекты добычи и транспортировки нефти и газа характеризуются повышенной опасностью и быстрым развитием пожара на технологических площадках, в зданиях, производственных технологических помещениях. На объектах добычи и транспортировки нефти и газа обращаются легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ), горючие жидкости (ГЖ), сжиженные углеводородные газы (СУГ), сжиженный природный газ (СПГ) под высоким давлением. Возникающие чрезвычайные ситуации (ЧС) – пожары – характеризуются высокой скоростью распространения горения. Основными причинами пожаров являются огневые работы – 33 %, неосторожное обращение с огнем – 26 %, нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования – 22 %. Для противопожарной

защиты технологического оборудования и зданий на опасных производственных объектах (ОПО) топливно-энергетического комплекса (ТЭК) необходимо применять современные технологии пожаротушения. При принятии проектных технических решений по противопожарной защите необходимо применять оборудование и технологические схемы тушения пожаров, способные на ранних этапах возникновения пожара в кратчайшие сроки подать огнетушащее вещество для локализации и тушения огня. Исходя из опыта и анализа принятых проектно-технических решений, определение технологии противопожарной защиты объекта обязательно должно быть сформировано и описано на начальной стадии проектирования в основных технических решениях (ОТР).

Для противопожарной защиты объектов добычи и транспортировки нефти и газа в основном применяются автоматические установки пенного пожаротушения (АУПТ). Принцип действия АУПТ основан на изоляции зоны горения от притока воздуха. Основопологающим техническим решением в системах пенного пожаротушения является технология по дозированию пенообразователя в воду при помощи комплекса технических средств с последующей подачей рабочего раствора пенообразователя на устройства генерации пены, где после смешивания с воздухом получается воздушно-механическая огнетушащая пена. Комбинация технических средств и огнетушащего вещества позволяет использовать широкий спектр эффективных огнетушащих веществ – от смачивателей до высокократной пены.

В нашей статье речь пойдет о системах хранения и дозирования пенообразователя, которые применяются на объектах ТЭК. Для корректного принятия проектного технического решения необходимо проанализировать задачи, которые должны решать системы автоматического пожаротушения, хранения и дозирования пенообразователя. Рассмотрим несколько требований для современных систем пожаротушения.

При выборе системы хранения и дозирования пенообразователя необходимо иметь в виду, что для защиты различных объектов могут потребоваться различные типы пенообразователей целевого назначения. Пенообразователи должны обеспечивать тушение пожара поверхностным или объемным способом подачи пены с характеристиками подачи в соответствии с тактикой тушения. Результативность пенного пожаротушения зависит от точности выбора типа пенообразователя, показателей его качества, а также количества, необходимых для обеспечения нормативной интенсивности подачи пены в течение требуемого времени. Если на объектах добычи и транспортировки нефти оптимальным решением будет применить пенообразователь типа AFFF (**aqueous film forming foam**) – синтетический фторсодержащий пленкообразующий пенообразователь целевого назначения для тушения горючих жидкостей, то на нефтеперерабатывающих заводах, где защищаются большое количество объектов с различными типами обращаемых ЛВЖ и ГЖ, может потребоваться применение нескольких типов пенообразователей. Например, для защиты установок первичной и вторичной переработки, а также гидроочистки можно применить пенообразователь

типа AFFF, в то же время с тушением готовой продукции – высокооктановых бензинов с большим содержанием присадок и модификаторов – лучше справится пенообразователь типа AFFF/AR (**aqueous film forming foam, alcohol-resistant**), синтетический фторсодержащий пленкообразующий спиртоустойчивый пенообразователь целевого назначения для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей. Каждый тип пенообразователя обладает набором технических характеристик, которые необходимо учитывать при выборе системы хранения и дозирования пенообразователя. Прежде всего нужно иметь в виду, что у разных типов пенообразователей различная динамическая и кинематическая вязкость. Дозирующая система должна обеспечивать точное дозирование как маловязких, так и вязких пенообразователей. Это первое требование к системе хранения и дозирования пенообразователя.

Второе требование также связано с пенообразователями, а именно – с условиями их хранения. Производители синтетических фторсодержащих пленкообразующих пенообразователей целевого назначения указывают гарантийный срок хранения своей продукции от 120 до 240 месяцев. При этом у всех производителей гарантия распространяется только при условии хранения пенообразователя в опломбированной заводом-изготовителем таре из полимерных материалов. Необходимо избегать контакта пенообразователей с углеродистой сталью и железобетонными конструкциями, т. к. химически активное вещество может вступить в реакцию и пенообразователь потеряет свои огнетушащие свойства. Все пенообразователи, независимо от температуры их застывания, рекомендовано хранить при температуре от +5 до +40 °С. **Некоторые типы пенообразователей** необходимо периодически перемешивать во избежание образования расслоений и осадка, в соответствии с рекомендациями производителя. Лучше всего это делать при помощи насоса по замкнутому циклу. Таким образом, второе требование – система хранения и дозирования пенообразователя должна быть выполнена из безопасных для пенообразователя материалов и обеспечивать его сохранность в течение всего срока службы.

Третье требование касается габаритов установок. Как на реконструируемых, так и на вновь строящихся объектах зачастую существует проблема ограниченного пространства для размещения оборудования. Многие объекты нефте- и газодобычи находятся в труднодоступных

районах нашей страны вдали от транспортных коммуникаций, и доставка крупногабаритных грузов на эти объекты является сложной и дорогостоящей логистической задачей. Поэтому вопрос снижения габаритов блочно-модульных зданий с оборудованием установок пенного пожаротушения весьма важен при проектировании объектов ТЭК. За счет чего можно снизить габариты блочно-модульных зданий с оборудованием хранения и дозирования пенообразователя? Прежде всего за счет применения более концентрированных пенообразователей. Пенообразователи выпускаются производителями с различными исходными концентрациями. Для получения рабочего раствора пенообразователя, который при смешивании с воздухом позволит получить огнетушащую пену после прохождения пеногенерирующих устройств, можно использовать концентрат пенообразователя с рабочими концентрациями от 0,5 до 6 %. Это означает, что можно получить рабочий раствор (смесь концентрата пенообразователя с водой) с одинаковыми физико-химическими характеристиками, если смешивание производится в определенных тщательно выверенных пропорциях. В частности, один и тот же объем рабочего раствора можно получить, если смешать одну часть однопроцентного концентрата пенообразователя с 99 частями воды, или три части трехпроцентного концентрата пенообразователя с 97 частями воды, или шесть частей шестипроцентного концентрата пенообразователя с 94 частями воды. Каждая концентрация пенообразователя имеет свои плюсы и минусы. Исторически сложилось так, что оборудование пожаротушения в основном ориентировалось на концентрацию пенообразователя, равную 6 %, поскольку она не критична к наличию оборудования для высокоточного дозирования и традиционно применяется в пожарных автомобилях. Однако при использовании трехпроцентного концентрата объем основного и резервного запаса пенообразователя можно снизить в два раза в сравнении с шестипроцентным концентратом, а при использовании однопроцентного концентрата – в шесть раз в сравнении с шестипроцентным концентратом и в три раза в сравнении с трехпроцентным концентратом. При применении одно- и трехпроцентных концентратов пенообразователя критически важным параметром системы становится точность дозирования. Таким образом, третье требование – это высокая точность дозирования при использовании одно- и трехпроцентных концентратов пенообразователя.

Четвертым критерием оценки является надежность системы хранения и дозирования пенообразователя. При выборе оборудования, обеспечивающего пожарную безопасность опасных производственных объектов, необходимо проводить тщательный анализ применяемого оборудования, в т. ч. рассматривая его надежность на всем сроке службы.

Пятое требование к системам – это точное дозирование пенообразователя в широком диапазоне значений расхода. В современных установках пенного пожаротушения на объектах ТЭК предусматривается, как правило, несколько направлений к разным объектам, требующим различной интенсивности подачи пены и, соответственно, разного расхода рабочего раствора пенообразователя.

Важнейшим критерием оценки системы хранения и дозирования пенообразователя является возможность осуществлять контроль уровня пенообразователя в емкости хранения. Важно обеспечить как визуальный контроль, так и удаленный с помощью датчика, т. к. это важный параметр при проектировании пожарной автоматики. П. 5.9.23 СП 5.13130.2009 обязывает измерять именно уровень пенообразователя в емкости.

Монтажные, пусконаладочные работы, ввод в эксплуатацию и обслуживание, ремонтпригодность – важнейший параметр. Зачастую монтаж и пусконаладка на объектах осуществляются низкоквалифицированным персоналом, и чем сложнее ввод оборудования в эксплуатацию, тем выше шансы, что оно выйдет из строя.

Самое последнее требование по порядку, но не по важности, – это стоимость системы. Все мы сталкиваемся с требованиями заказчиков о снижении затрат, это происходит на всех проектах и на всех этапах их реализации. Поэтому необходимо оценивать систему хранения и дозирования как с точки зрения стоимости по сравнению с другими типами систем, так и с точки зрения косвенных затрат при установке и последующей эксплуатации.

Самая распространенная система хранения и дозирования – это мембранные баки-дозаторы (рис. 1). Данный тип оборудования для хранения и дозирования пенообразователя применяется по всему миру с середины прошлого века.

Пенообразователь хранится в концентрированном виде внутри эластичной емкости (10), которая находится под давлением воды. После включения системы пожаротушения вода под давлением  $P_a$  поступает в дозатор и проходит через диффузор (3). Скорость потока воды

возрастает, что приводит к падению давления (эффект Вентури) до значения  $P_b$ . Чем выше скорость потока, тем ниже давление  $P_b$ . Величины  $P_a$  и  $P_b$  фиксируются манометрами  $M_a$  и  $M_b$  соответственно. Одновременно с этим вода поступает в бак-дозатор и, воздействуя на эластичную емкость (10), выдавливает пенообразователь. Пенообразователь попадает в дозатор и смешивается в определенной пропорции с водой. Полученный в итоге рабочий раствор пенообразователя подается в распределительный трубопровод.

Рассмотрим технологическую схему с применением баков-дозаторов на соответствие требованиям к системам хранения и дозирования пенообразователя, которые определены выше.

Дозирующая система должна обеспечивать точное дозирование как маловязких, так и вязких пенообразователей. Сертификационные испытания дозирующих устройств на соответствие требованиям Технического регламента Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017) проводятся с применением воды в качестве дозируемого агента. Поэтому оценить точность работы баков-дозаторов с пенообразователями различной вязкости мы можем только на основании данных производителей этого оборудования. Большинство отечественных производителей баков-дозаторов указывает в технических характеристиках параметр кинематической вязкости применяемого пенообразователя при рабочих  $T - P$  ( $\text{мм}^2/\text{с}$ ) – не более 200. Показатели кинематической вязкости, например, традиционных спиртоустойчивых пенообразователей для тушения водорастворимых горючих жидкостей значительно превышают это значение. Необходимо отметить, что существуют низковязкие спиртоустойчивые пенообразователи, однако их применение ограничено невозможностью получить пену средней и высокой кратности, а также очень высокой стоимостью по сравнению с традиционными спиртоустойчивыми пенообразователями. В любом случае, независимо от типа применяемого пенообразователя, мы рекомендуем запрашивать у производителей баков-дозаторов подтверждение корректной работы этой системы с тем типом пенообразователя, который применяется в вашем проекте.

Система хранения и дозирования пенообразователя должна быть выполнена из безопасных для пенообразователя материалов и обеспечивать его сохранность на весь срок службы. Корпус бака-дозатора и обвязка могут

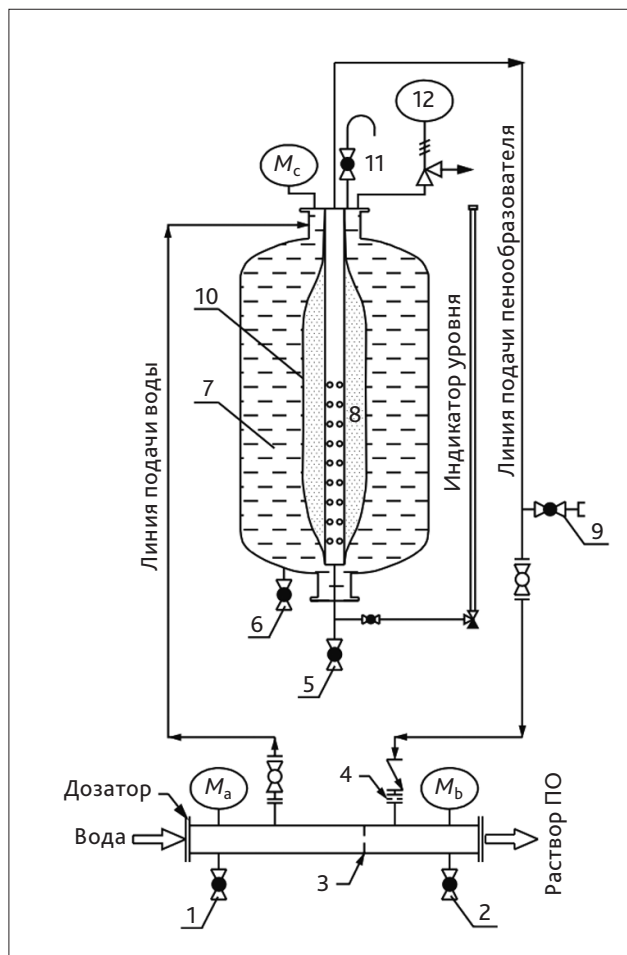


Рис. 1. Принципиальная схема работы бака-дозатора: 1, 2 – шаровый кран дренажа дозатора; 3 – диффузор; 4 – дозирующая шайба; 5 – шаровый кран для слива пенообразователя; 6 – шаровый кран для слива воды; 7 – вода; 8 – пенообразователь; 9 – шаровый кран для дозирования бака пенообразователем; 10 – внутренняя эластичная емкость; 11 – шаровый кран для удаления воздуха; 12 – предохранительный клапан;  $M$  – манометр

быть изготовлены как из углеродистой стали, так и из нержавеющей. Как мы уже говорили выше, пенообразователь в баке-дозаторе хранится внутри эластичной емкости из полимерных материалов. В случае нарушения целостности эластичной мембраны произойдет контакт пенообразователя с материалом, из которого изготовлен корпус бака-дозатора, и, если бак-дозатор изготовлен из углеродистой стали, химически активное вещество в составе пенообразователя вступит в реакцию и пенообразователь потеряет свои огнетушащие свойства. Весь объем дорогостоящего пенообразователя необходимо будет заменить. Поэтому в баке-дозаторе из углеродистой стали необходимо предусматривать внутреннее полимерное



защитное покрытие. Часть трубной обвязки, в которой обращается концентрат пенообразователя (линия подачи пенообразователя в дозатор и перфорированная труба внутри мембраны), необходимо изготавливать из нержавеющей стали. Также нужно отметить, что в баках-дозаторах отсутствуют стационарные устройства для перемешивания пенообразователя, а как мы говорили выше – это необходимо делать с некоторыми типами пенообразователей.

Баки-дозаторы имеют серьезные ограничения по применению в блочно-модульных установках из-за требований к помещениям, обусловленным спецификой операции по замене эластичной мембраны. Необходимо предусматривать пространство для демонтажа эластичной мембраны – не менее одной высоты бака сверху для вертикальных баков-дозаторов, не менее одной длины бака сбоку для горизонтальных баков. Также необходимо учитывать, что на точность дозирования в баке-дозаторе влияет множество факторов – перепады давления, изменение расхода, плотность потока и т. д. Когда мы дозируем пенообразователь с концентрацией 6 и 3 %, эти факторы не столь критичны для точности дозирования. При дозировании однопроцентного концентрата погрешность может быть значительной и рабочий раствор пенообразователя не достигнет заявленных свойств. Соответственно, мы не сможем применить однопроцентный концентрат и значительно снизить габаритные размеры станции в блочно-модульном исполнении.

Надежность. «Ахиллесова пята» баков-дозаторов – это эластичная мембрана, в которой хранится пенообразователь. Мембрана может потерять эластичность через несколько лет после ввода в эксплуатацию. При проведении контрольных проверок пенообразователя (в соответствии с требованиями НТД) часто фиксируется изменение его плотности. Данная проблема возникает за счет микротрещин в мембранах баков-дозаторов, через которые в мембрану просачивается вода и смешивается с пенообразователем. Также мембрана может быть повреждена в случае некачественной заправки. Службы эксплуатации не могут контролировать состояние мембраны. В случае прорыва мембраны пенообразователь потеряет огнетушащие свойства в течение месяца.

Дозирование в широком диапазоне расходов. Большинство производителей баков-дозаторов утверждают, что в их системах применяются широкодиапазонные пеносмесители. Однако анализ рабочих расходов, указанных

производителями этих систем, показывает, что дозаторы не работают при малых расходах.

Контроль уровня пенообразователя в емкости хранения. Производители баков-дозаторов предлагают осуществлять его двумя способами. Первый способ – при помощи манометра, который подключается к внутренней полости мембраны в самом низу бака после предварительного слива водяной подушки из бака-дозатора. Второй способ – при помощи визуального уровня, который работает по принципу сообщающихся сосудов. Оба способа не обеспечивают 100 %-ной точности измерений.

Простой, надежный режим эксплуатации на весь период жизненного цикла оборудования. Процедура заправки и опорожнения бака-дозатора сложна и требует времени, привлечения квалифицированного персонала, использования специального оборудования и четкого соблюдения последовательности всех операций. Большинство прорывов мембран происходит при заправке пенообразователя и связано с нарушением технологии. Во время пожаротушения пенная атака установки с применением бака-дозатора ограничена объемом пенообразователя, заправленного в бак-дозатор. Когда пенообразователь израсходован, система должна быть остановлена для заправки концентрата пенообразователя внутрь мембраны.

Стоимость системы. Цена баков-дозаторов – это основное их преимущество по сравнению с другими типами систем хранения и дозирования.

Баки-дозаторы – это недорогое решение, которое хорошо подходит для применения в спринклерных и дренчерных системах на небольших объектах низкого уровня ответственности. Применение баков-дозаторов для противопожарной защиты объектов ТЭК увеличивает риски некорректной работы в период жизненного цикла эксплуатации и технического обслуживания, имеет технические недостатки по целому ряду критически важных параметров, не позволяющие гарантированно использовать данное оборудование в системах противопожарной защиты объектов ТЭК.

Вторая система дозирования, которую мы рассмотрим, – это комплекс пенного обеспечения систем пожаротушения «Пенный хранитель» (рис. 2), разработанный для использования в системах пожаротушения объектов защиты ТЭК, химической промышленности. Комплекс предназначен для хранения запаса концентрата пенообразователя и его точного дозирования в широком диапазоне расходов. Он включает в себя емкость для хранения

пенообразователя ЕПО PROFIREX (ТУ 25.29.1-007-65344199-2020), специально разработанную для работы со стационарной системой дозирования концентрата пенообразователя в поток воды турбинным дозатором с плунжерным насосом FIREMIKS. Турбинный дозатор FIREMIKS – это эргономичная энергонезависимая и экологически безопасная система дозирования, используемая для получения рабочего раствора пенообразователя для тушения пожаров. Состоит из двух функциональных частей: гидропривода и насоса пенообразователя. Такой подход обладает большими преимуществами и обеспечивает точное дозирование пенообразователя, практически не зависящее от давления в системе. Важно заметить, что для дозатора FIREMIKS не требуется внешних источников энергии. Общий принцип гидравлических моторов объемного действия заключается в циклическом изменении объемов рабочих камер (полостей). Гидропривод FIREMIKS – это гидравлический мотор объемного действия с лопастным ротором, у которого есть пазы для скользящих лопаток. При вращении ротора центробежная сила выбрасывает лопатки до соприкосновения с внутренней частью сферического корпуса гидропривода, создавая герметичную полость. Таким образом, при повороте ротора рабочая полость заполняется жидкостью, проходящей через гидропривод, жидкость воздействует на ротор и приводит его в движение. Скорость вращения вала гидропривода пропорциональна объемной скорости потока воды, проходящего через сам гидропривод. За счет такой конструкции объем воды в гидроприводе на один оборот ротора остается практически неизменным даже при значительных колебаниях давления и расхода в трубопроводе. Вал плунжерного или шестеренчатого насоса подачи концентрата пенообразователя соединен с валом гидропривода при помощи муфты сцепления. Таким образом, частота вращения вала гидропривода всегда совпадает с частотой вращения насоса. Поскольку гидропривод насоса пенообразователя работает по принципу расходомера, количество пенообразователя, эжектируемое в линию, пропорционально расходу воды через гидропривод (процент дозирования концентрата пенообразователя в линию всегда в пределах допустимых значений) без использования каких-либо дополнительных устройств.

Теперь давайте рассмотрим технологическую схему с применением комплекса «Пенный хранитель» с точки зрения соответствия тем же

требованиям к системам хранения и дозирования пенообразователя.

Дозирующая система должна обеспечивать точное дозирование как маловязких, так и вязких пенообразователей. Сертификационные испытания дозатора FIREMIKS на соответствие требованиям Технического регламента Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017), как и испытания других дозирующих устройств, проводились с применением воды в качестве дозируемого агента. Это подтверждает эффективность дозатора с маловязкими пенообразователями. Эффективность работы дозатора FIREMIKS с вязкими пенообразователями подтверждается сертификационными испытаниями на соответствие международному стандарту FM 5130, в котором применяется пенообразователь динамической вязкостью 3600 сП (сантипуаз) – это значение при вязкости концентрата пенообразователя, равной 1, соответствует значению кинематической вязкости 3600 мм<sup>2</sup>/с, что позволяет говорить о гарантированно точном дозировании вязких пенообразователей.

Система хранения и дозирования пенообразователя должна быть выполнена из безопасных для пенообразователя материалов и обеспечивать его сохранность на весь срок службы. Емкость для хранения пенообразователя

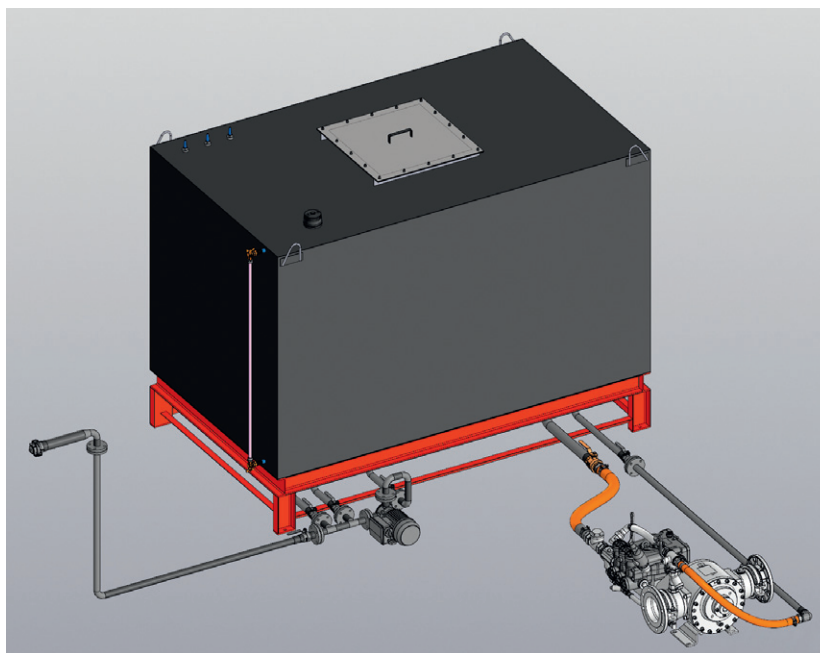


Рис. 2. Комплекс пенного обеспечения систем пожаротушения «Пенный хранитель»

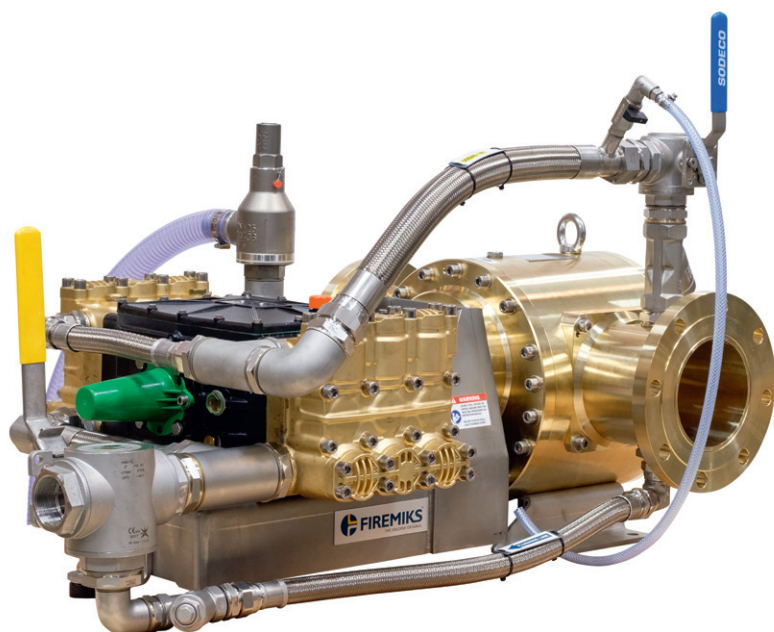


Рис. 3. Турбинный дозатор FIREMIKS – исполнение гидропривода из бронзы

ЕПО PROFIREX (ТУ 25.29.1-007-65344199-2020), в которой концентрат пенообразователя хранится под гидростатическим давлением, изготовлена из нержавеющей стали – материала безопасного для пенообразователя, что обеспечивает условия хранения, идентичные хранению в таре завода-изготовителя пенообразователя. Емкость оборудована насосом для перекачки, что позволяет перемешивать пенообразователь, если такие требования предусмотрены изготовителем. Эти особенности комплекса «Пенный хранитель» позволяют обеспечить максимальную сохранность пенообразователя на всем периоде жизненного цикла.

Применение комплекса «Пенный хранитель» позволяет значительно снизить габариты станции пенного пожаротушения в блочно-модульном исполнении. Снижение габаритов возможно за счет использования однопроцентного концентрата пенообразователя, а также из-за отсутствия требований к помещениям, которые имеются у баков-дозаторов.

Надежность. В конструкции комплекса «Пенный хранитель» отсутствуют детали, подверженные частому выходу из строя, как мембрана у бака-дозатора, – пенообразователь хранится в емкости под атмосферным давлением. Доступны модели турбинного дозатора FIREMIKS с гидроприводом, выполненным полностью из бронзы, для применения на морской воде (рис. 3).

Дозирование в широком диапазоне расходов. Доступны модели турбинного дозатора FIREMIKS для установок с малым диапазоном расходов (от 3 л/с).

Контроль уровня пенообразователя в емкости хранения. За счет жесткости конструкции емкости для хранения пенообразователя ЕПО PROFIREX, в отличие от баков-дозаторов, можно точно отслеживать объем хранимого пенообразователя как визуально, так и дистанционно с помощью уровнемера.

Простой, надежный режим эксплуатации на весь период жизненного цикла оборудования. Простой ввод в эксплуатацию. В большинстве случаев для проведения регламентных работ не требуется вывод установки из эксплуатации.

Стоимость системы. Если сравнивать стоимость комплекса «Пенный хранитель» с другими системами с идентичным объемом хранимого концентрата пенообразователя и идентичным показателем расхода воды, например с системой хранения и дозирования с балансирующим дозатором, – стоимость системы будет сопоставима. Если же сравнивать с дешевыми баками-дозаторами, изготовленными с нарушением требований к этому оборудованию, что, к сожалению, является распространенной практикой на отечественном рынке, такой бак-дозатор окажется дешевле комплекса «Пенный хранитель». Необходимо отметить, что общее снижение затрат на установку при применении комплекса «Пенный хранитель» за счет снижения габаритов установки будет значительно превышать разницу в стоимости между комплексом «Пенный хранитель» и баком-дозатором.

Комплекс «Пенный хранитель» оптимален для использования в системах хранения и дозирования пенообразователя в блочно-модульном исполнении. Применение комплекса позволяет значительно снизить габариты блочно-модульной станции и разместить ее в непосредственной близости от защищаемых производственных установок, что повышает уровень пожарной безопасности объекта и снижает эксплуатационные затраты на всем жизненном цикле эксплуатации оборудования. Благодаря доступности исполнения из коррозионноустойчивых материалов комплекс «Пенный хранитель» подходит для применения на морских нефтяных платформах, речных и морских терминалах; по всем критериям технических параметров подходит для применения в автоматических системах пожаротушения. Применение комплекса позволит надежно обеспечить пожарную безопасность предприятий ТЭК. ❖