

УДК 614.846.6

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ПОЖАРНЫХ АВТОЦИСТЕРН

Кулаковский Б.Л., к.т.н., доцент, Маханько В.И., Кураченко И.Ю., Вердиев А.Р.
Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

e-mail: mail@kii.gov.by

Рассматриваются проблемы тепловой подготовки специальных агрегатов пожарных автоцистерн. Представлены результаты экспериментальных исследований тепловой подготовки насосного отсека пожарной автоцистерны АЦ-5,0-50/5(533709). Приведены зависимости изменения вязкости пенообразователя от его температуры. Предложены конструкция энергосберегающей системы подогрева цистерны и насосного отсека, рекомендации по обеспечению надежной эксплуатации стационарного пеносмесителя

Problems of thermal preparation of special units of fire tankers are considered. Results of pilot studies of thermal preparation of a pump compartment of a fire tanker of ATs-5,0-50/5(533709) are presented. Dependences of change of viscosity of frother on his temperature are given. The design of energy saving system of heating of the tank and pump compartment, the recommendation about ensuring reliable operation of a stationary foam mixer are offered

(Поступила в редакцию 12 ноября 2012 г.)

ВВЕДЕНИЕ

Анализ тепловой подготовки емкостей для воды и пенообразователя, насосного отсека и водопенных коммуникаций, применяемых в пожарных автоцистернах указывает на их низкую эффективность. На современных автоцистернах (АЦ), применяемых в органах и подразделениях по ЧС отсутствует подогрев емкостей. В случае применения пожарной автоцистерны в качестве автомобиля воздушно-пенного тушения (АВ) и выезде на тушение пожара в резервуарах с нефтепродуктами (в зимнее время года) происходит значительное понижение температуры пенообразователя, повышение его вязкости, возникают проблемы с созданием нормального смесеобразования воды и пенообразователя и получением качественной пены. На современных автоцистернах отечественного производства тепловая подготовка насосных отсеков осуществляется подогревателями типа «Webasto». Конструкцией АЦ предусмотрено такое размещение водопенных коммуникаций пожарного насоса внутри отсека, при котором невозможно закрыть шторные двери при боевом развертывании и подаче огнетушащих веществ. В связи с этим нами были проведены экспериментальные исследования с целью определения эффективности работы подогревателя типа «Webasto в насосном отсеке пожарной автоцистерны АЦ 5,0-50/5(533709).

ТЕПЛОВАЯ ПОДГОТОВКА НАСОСНОГО ОТСЕКА

Автоцистерна была установлена снаружи гаража учебной пожарной аварийно-спасательной части КИИ МЧС Республики Беларусь при температуре окружающего воздуха -9°C. Первоначально замерялась температура воздуха на уровне пенобака (верх) и стационарного пеносмесителя (низ) при закрытой шторной двери насосного отсека и работающем автономном подогревателе. Через 10 минут такого подогрева насосного отсека датчики температуры зафиксировали изменение температурного состояния: вверху +15 °С, в низу +4 °С. Следующие 10 минут: вверху +19 °С, в низу +6 °С.

На втором этапе определялась температура в тех же точках замера внутри отсека, но уже с открытой шторной двери, что соответствует рабочей ситуации в ходе пожаротушения (рис. 1).



Рисунок 1 - Общий вид насосного отсека с подсоединенными рукавными линиями и частично закрытой шторной дверью

Через 5 минут температура внутри отсека составляла следующие значения: вверху $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$, в низу $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Следующие 5 минут: вверху $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$, в низу $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. По прошествии еще 5 минут: вверху $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$, в низу $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Результаты измерений показаны на графике (рис. 2).

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ полученных результатов показывает следующее.

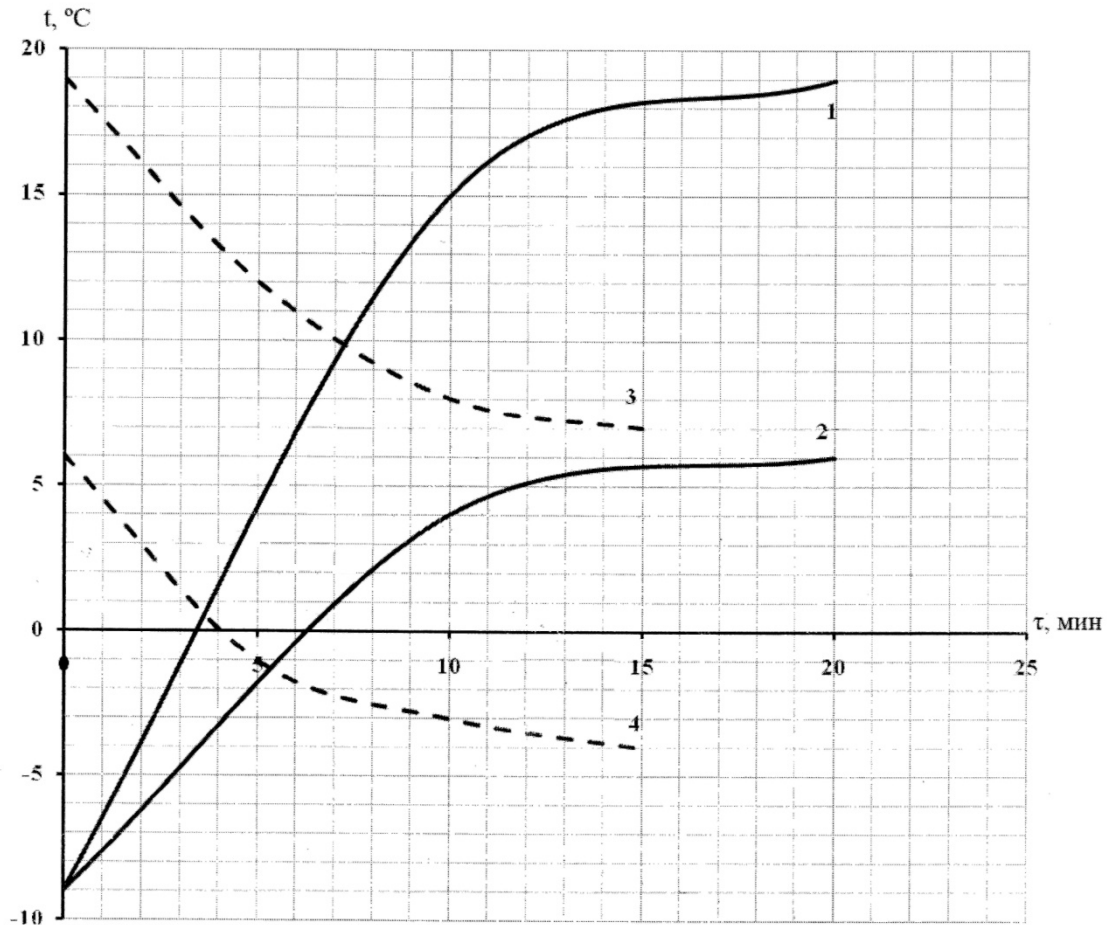
В случае эксплуатации пожарной автоцистерны с закрытой шторной дверью насосного отсека:

- стоянка автомобиля снаружи гаража с выключенным автономным подогревателем приводит к резкому и быстрому снижению температуры внутри насосного отсека до температуры окружающего воздуха ($-9\text{ }^{\circ}\text{C}$);

- при включенном подогревателе температура воздуха на уровне пенобака (кривая 1) в течение первых 10 минут быстро повышается, в дальнейшем рост температуры замедляется и она стабилизируется на значении близком $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- температура воздуха на уровне пеносмесителя (кривая 2) повышается сравнительно медленно и достигает максимальной величины в пределах $+6\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Причиной такого различия интенсивности нагрева воздуха на исследуемых уровнях насосного отсека является следующее. Во-первых, в нижней части насосного отсека конструктивно не обеспечена надлежащая герметизация отдельных проемов (например, в местах выхода тросовых передач к рычагам управления «газом» и сцеплением, карданного вала привода пожарного насоса и т. д.). По этой причине через нижние проемы в насосный отсек постоянно поступает холодный воздух, снижая тем самым суммарную температуру. Во-вторых, подогреватель расположен таким образом, что подача горячего воздуха направлена в верхнюю часть отсека, где он скапливается, поддерживая достаточно высокую температуру окружающего воздуха.



1, 3 - температура воздуха на уровне пенобака соответственно при закрытой и открытой шторной двери;
 2, 4 – температура воздуха на уровне пеносмесителя соответственно при закрытой и открытой шторной двери

Рисунок 2 – Зависимости изменения температурного режима в насосном отсеке от времени работы автономного подогревателя типа «Webasto»

В случае эксплуатации пожарной автоцистерны с открытой шторной дверью насосного отсека наблюдается резкое снижение температуры воздуха на обоих уровнях насосного отсека (кривые 3 и 4). Характер динамики изменения температурного режима примерно одинаков, Температура в нижней части отсека снижается более интенсивно из-за поступления холодного воздуха через нижние негерметичные проемы.

Анализ конструктивного исполнения водопенных коммуникаций пожарного насоса показывает, что трубопровод, соединяющий пенобак (верх) со стационарным пеносмесителем (низ) имеет большую протяженность. Кран для подачи пенообразователя из пенобака установлен вблизи пеносмесителя. Следовательно, участок трубопровода от пенобака до крана (т. е. практически до пеносмесителя) постоянно заполнен пенообразователем и в нижней части будет иметь низкую температуру, близкую к температуре окружающего воздуха. Так как с понижением температуры пенообразователя увеличивается его кинематическая вязкость, то и пропускная способность пеносмесителя снижается.

Из полученных результатов следует, что весьма актуальными являются данные изменения вязкости пенообразователя и пропускной способности дозирующих устройств в зависимости от температурного режима. До настоящего времени нормативных документов,

содержащих необходимые сведения и указания в этой области практической деятельности недостаточно, что не позволяет выполнять корректировку по режимам работы агрегатов, подающих пенообразователь в пеносмесители. Это, в свою очередь, создает трудности по обеспечению надежности и синхронности подачи пены при тушении резервуаров с нефтепродуктами в холодное время года.

Поэтому нами с целью определения вязкости пенообразователя в зависимости от его температуры были проведены нижеследующие экспериментальные исследования [3].

ВЯЗКОСТЬ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Определение зависимости вязкости от температурного режима проведены для пенообразователей: «Барьер 612-01» отечественного производства, «ПО-6» российского производства и «Finiflam-F15», выпускаемого в Германии.

Определение кинематической вязкости указанных пенообразователей проводилось с помощью вискозиметра типа ВПЖ-2 по ГОСТ 10028-81. Пенообразователь в сосудах находился в холодильной камере, где создавалась необходимая температура. Кинематическая вязкость определялась по формуле:

$$\nu = C \cdot \tau,$$

где ν – кинематическая вязкость, мм²/с;

C – постоянная вискозиметра, мм²/с²;

τ – время истечения пенообразователя в секундах.

На рис. 3, 4 и 5 показаны зависимости изменения кинематической вязкости пенообразователей от температуры, соответственно «ПО-6», «Барьер 612-01», «Finiflam-F15».

Как видно из рисунка 3, пенообразователь «ПО-6» (Россия) имеет сравнительно малую величину кинематической вязкости во всем диапазоне температур от +20 °С до -2 °С. Его существенным его недостатком является невозможность применения при низких температурах в зимнее время.

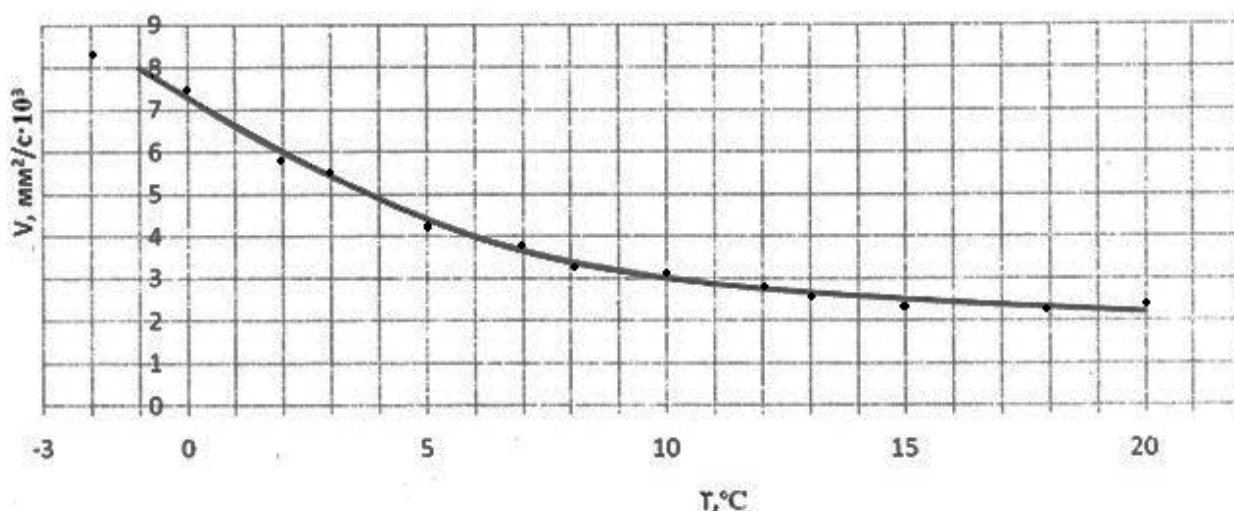


Рисунок 3 – Зависимость изменения кинематической вязкости пенообразователя «ПО-6» от температуры

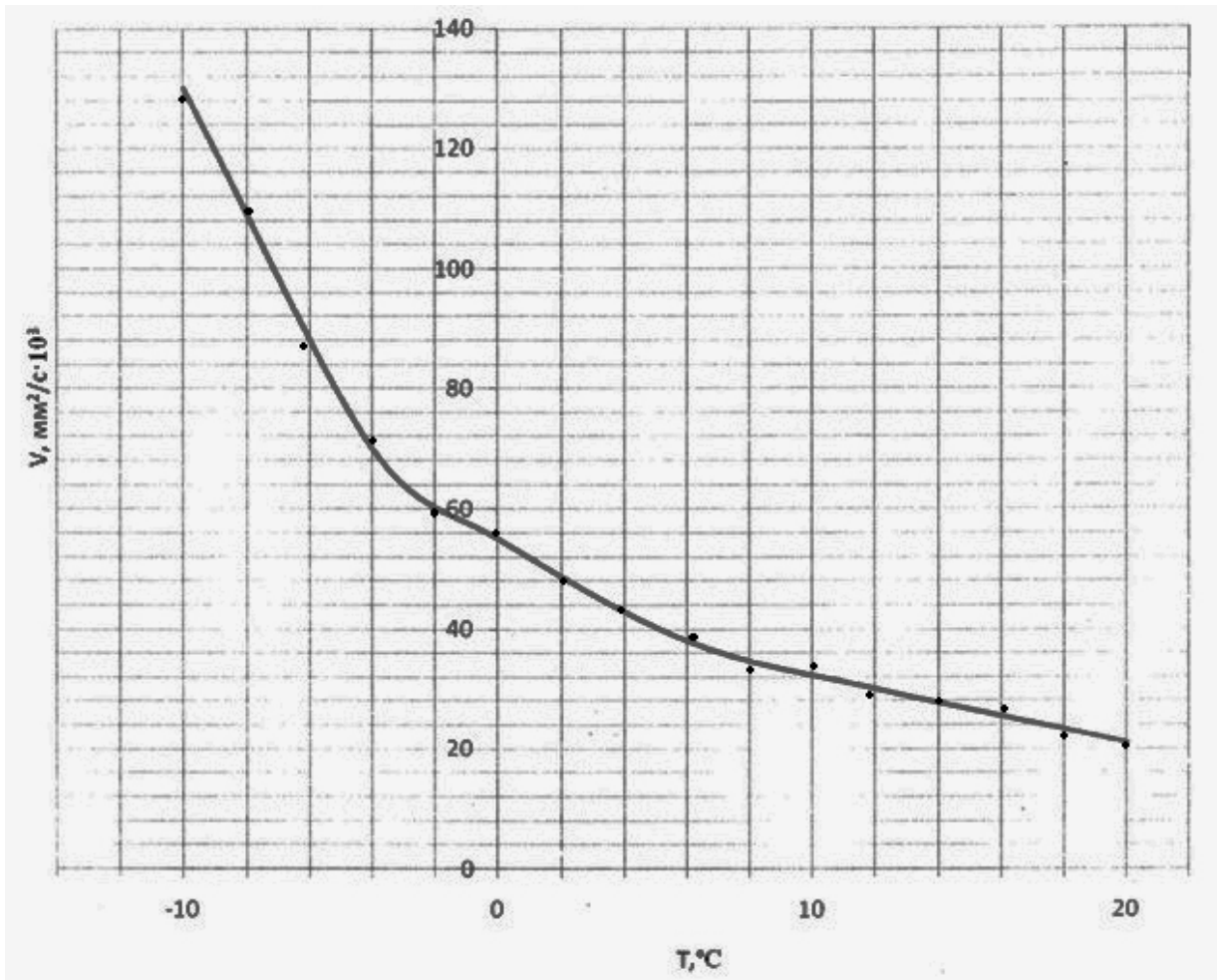


Рисунок 4 – Зависимость изменения кинематической вязкости пенообразователя «Барьер 612-01» от температуры

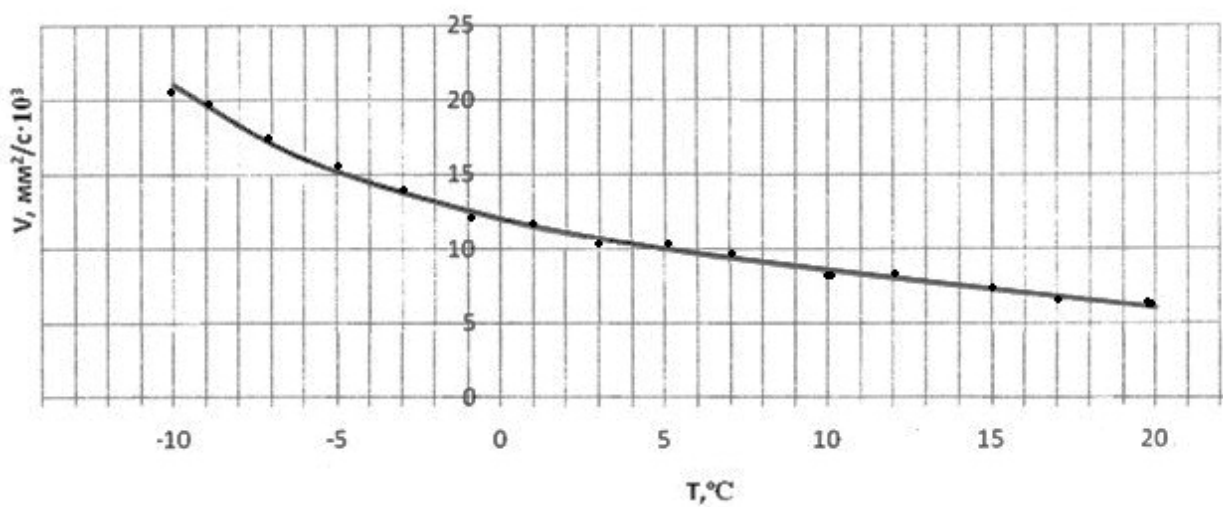


Рисунок 5 – Зависимость изменения кинематической вязкости пенообразователя «Finiflam-F15» от температуры

При снижении температуры ниже $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ у пенообразователя «ПО-6» начинается процесс кристаллизации, и применение его в качестве пенообразующего вещества становится невозможным.

У пенообразователя «Барьер 612-01» (Беларусь) процесс кристаллизации происходит при температуре минус $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 4). Несмотря на возможный широкий температурный диапазон применения, при снижении температуры ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ у этого пенообразователя начинается резкое увеличение вязкости. В диапазоне температур от $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ значение вязкости пенообразователя «Барьер 612-01» увеличивается в шесть раз.

Наибольшей стойкостью к низким температурам обладает пенообразователь «Finiflam-F15». Он положительно отличается от вышеуказанных пенообразователей сравнительно малым изменением вязкости при низких температурах (начало кристаллизации $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 5). Его значение вязкости в диапазоне температур от $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ изменяется в четыре раза.

ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исходя из полученных результатов проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Пенообразователь «ПО-6» при низких температурах окружающей среды (ниже $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$) быстро кристаллизуется, и его применение для подачи пены становится невозможным. Применение этого пенообразователя в зимнее время требует принятия дополнительных мер по подогреву и утеплению насосных отсеков, переносных дозаторов-пеносмесителей. Кроме того, при температуре пенообразователя от $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ для подачи пены положение дозатора стационарного пеносмесителя должно быть скорректировано для обеспечения нормативного расхода пенообразователя повышенной вязкости через калиброванные отверстия дозатора. Практически это означает, что в указанном температурном режиме в случае необходимости подачи одного ГПС-600 дозатор должен быть установлен в положение «2». Таким образом, стационарный пеносмеситель ПС-5 в этих условиях может обеспечить работу не более двух пеногенераторов ГПС-600, что значительно снижает тактические возможности пожарного автомобиля.

2. Пенообразователь «Барьер 612-01» (Беларусь) можно применять в более широком температурном диапазоне. В зимнее время при подаче этого пенообразователя в переносной дозатор-смеситель или в стационарный пеносмеситель пожарного автомобиля необходимо увеличивать давление соответственно в несколько раз в зависимости от температуры окружающей среды.

3. Пенообразователь «Finiflam-F15» (Германия) имеет сравнительно лучшие характеристики применения при низких температурах по сравнению с другими пенообразователями, однако высокая стоимость ограничивает его применение. Можно рекомендовать использование этого пенообразователя в зимнее время только для подразделений, охраняющих крупные нефтебазы, нефтеперерабатывающие объекты.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В НАСОСНОМ ОТСЕКЕ

Анализ конструктивных особенностей современных отечественных автоцистерн с учетом результатов проведенных исследований позволяет предложить следующие рекомендации по обеспечению оптимального температурного режима в насосном отсеке пожарных автомобилей:

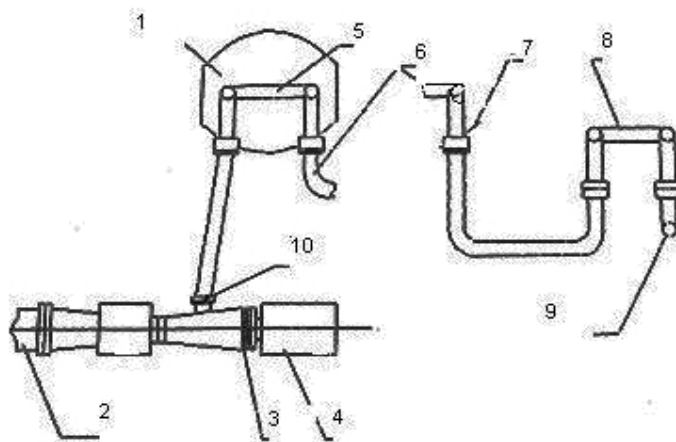
1. Всасывающий патрубок насоса необходимо вывести наружу за нижнюю панель отсека. Напорные патрубки необходимо расположить в боковых отсеках (как это выполнено

в автоцистернах прошлых лет выпуска). Такое размещение коммуникаций позволяет работать на пожарном насосе при закрытых шторных дверях отсека.

2. Проемы прохождения водопенных коммуникаций и элементов привода пожарного насоса необходимо герметизировать уплотнительными прокладками.

3. Для осуществления контроля за работой пожарного насоса и его вспомогательных агрегатов в двери отсека необходимо предусматривать смотровое окно, а органы управления оборотами двигателя вывести наружу.

4. Вместо автономного подогревателя типа «Webasto» нами предлагается использовать подогреватель с подачей тепла отработавших газов двигателя, выполненный из жаропрочной стали (рис. 6). Такая конструкция обеспечит поддержание положительной температуры как в цистерне для огнетушащей жидкости, так воздуха в насосном отсеке. С этой целью в цистерне устанавливается нагреватель 7. При закрытой заслонке 4 отработавшие газы двигателя, пройдя газоструйный вакуумный аппарат 3, трубопроводы, будут нагревать жидкость в емкости и воздух в насосном отсеке (обогреватель 10). При переходе на летнюю эксплуатацию из системы удаляется заслонка 4 и устанавливается заслонка 12. Такая конструкция подогревателя позволит не только повысить эффективность пенного тушения, но и обеспечить режим экономии горюче-смазочных материалов в процессе эксплуатации пожарных автоцистерн в стационарном режиме.



1 – цистерна; 2 – приемная труба; 3, 10 – заслонки; 4 – глушитель; 5 – нагреватель цистерны; 6 – элементы нагрева цистерны; 7 – соединительные патрубки; 8 – обогреватель насосного отсека; 9 – выхлопная труба

Рисунок 6 – Система обогрева емкостей с пенообразователем

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулаковский, Б.Л. Пожарные аварийно-спасательные и специальные машины; учеб.пособие / Б.Л. Кулаковский, В.И. Маханько, А.В. Кузнецов – Минск : Технопринт, 2004, 453 с.
2. Кулаковский, Б.Л. Применение тепловой подготовки ПАСА для повышения оперативности прибытия к месту вызова / Б.Л. Кулаковский, С.М. Палубец, В.Д. Тютюма // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2004. – № 6(16) – с. 210–216.
3. Кулаковский, Б.Л., Изучение влияния температуры на вязкость пенообразователя / Б.Л. Кулаковский, В.И. Маханько, С.М. Палубец // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2002. – № 2(12) – с.46–51.