

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Московский государственный строительный университет

КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Лабораторный практикум
по курсу «Противопожарное водоснабжение»

Для специальности: 280104 – пожарная безопасность

Лабораторная работа № 1

Организация напорно-рукавной линии с использованием в качестве водоисточника естественных водоемов для тушения лесных пожаров.

Наиболее эффективным и распространенным средством тушения лесных пожаров является вода. Она может применяться для тушения низовых, верховых (устойчивых) и почвенных (подстилочных и торфяных) лесных пожаров, причем в зависимости от вида пожара, условий, в которых он распространяется, наличия воды и вида используемых механизмов применением этого способа могут решаться задачи как предварительной остановки распространения кромки пожара, так и полного его тушения.

Вода используется из имеющихся вблизи пожара рек, озер, ручьев и других водных источников или привозная в пожарных автоцистернах, в цистернах специальных лесопожарных агрегатов, в съемных цистернах разных типов и в других емкостях (приложение 1).

Для тушения лесных пожаров водой используют насосные установки пожарных автоцистерн, пожарные мотопомпы (переносные, прицепные, малогабаритные), навесные насосы, работающие от моторов автомобилей, а также лесные огнетушители (приложение 1).

Кроме того, для тушения низовых и торфяных пожаров можно применять водораздатчики, поливочные машины и агрегаты для подачи (перекачки) воды к пожару.

Воду применяют в виде мощной компактной либо распыленной струи. Мощная компактная струя разрушает структуру горящих материалов, перемешивает их с грунтом и отбрасывает на уже пройденную огнем территорию.

В целях увеличения огнетушащих свойств воды в нее добавляют смачиватели (поверхностно активные вещества "ПАВ"), снижающие поверхностное натяжение жидкости и делающие ее более проникающей в мельчайшие поры. Воду со смачивателями следует применять при тушении низовых и почвенных пожаров, а также при дотушивании пожаров.

С помощью лесных огнетушителей можно тушить низовые пожары слабой и средней интенсивности. Применение ранцевой аппаратуры наиболее целесообразно при наличии вблизи пожара водоисточников, а также в горных условиях, где использовать для тушения лесных пожаров грунт и почвообрабатывающие орудия в большинстве случаев невозможно и вода (хотя бы привозная) часто является почти единственным эффективным средством пожаротушения, особенно для тушения горения в расщелинах между камнями.

При мощном слое подстилки и на задернелых почвах ранцевая аппаратура менее эффективна. Здесь следует применять мощную сплошную струю с

помощью насосных установок со значительно большим расходом воды на квадратный метр горячей площади.

Сплошные дальнобойные струи следует применять также при тушении сильных очагов горения (в скоплениях хлама и т.п.) и для тушения огня на высоких сухостойных деревьях.

Для тушения почвенных (подстилочных и торфяных) пожаров, образовавшуюся спекшуюся корку разбивают мощными струями воды со смачивателем, превращая горящий торф в жидкую массу, и сильно промачивая торф, прилегающий к очагу.

При таком способе требуется расход воды до 50 л на 1 м² горячей кромки, в связи с чем тушение обычно проводится водой из имеющегося вблизи пожара водоисточника.

Более эффективным для локализации и тушения водой торфяных пожаров является применение торфяных стволов (ТС-1 и ТС-2, с помощью которых в почву вокруг очага нагнетается под давлением 30...40 м водяного столба вода со смачивателем. С применением ствола ТС-1 можно тушить пожары с глубиной прогорания 1.2 м, а ствола ТС-2 - до 2 м.

Для подачи воды в торфяные стволы необходимы рукава диаметром 26 мм. Если в комплекте мотопомпы или другой пожарной машины узких рукавов на нужную протяженность нет, используют рукава диаметром 51 или 66 мм, которые подключают к насосу, а в конечную линию через переходные головки и разветвления подключают рукава диаметром 26 мм.

При тушении пожаров водой широкое применение получили мотопомпы, с помощью которых воду подают из водных источников по пожарным рукавам на кромку пожара: наиболее часто используемые из них малогабаритные МЛП-0,2 (плавающая), МЛВ-2/12, МЛВ-22/0.25 и переносные МП-600, МП-800Б.

В комплектующее оборудование мотопомпы входят:

всасывающие, магистральные и рабочие пожарные рукава диаметром 60, 51, 26 мм;

соединительные (переходные) головки для наращивания рукавов и крепления их к рабочим органам;

пожарные стволы: дальнобойные (РС-50, РС-70) и комбинированные для создания как сплошных, так и распыленных струй (РСК-50 и РСБ).

Организуя тушение лесного пожара с подачей воды из имеющегося в лесу водного источника, руководитель тушения должен:

подобрать площадку у водоисточника для забора воды в соответствии с техническими требованиями эксплуатации мотопомп;

определить направление прокладки магистральных рукавов, способы усиления подачи воды и порядок развертывания работ при тушении пожара;

рассчитать в каждом отдельном случае дальность подачи воды на кромку пожара в зависимости от способов подачи воды, превышения местности и технической характеристики насосов и комплектующего оборудования.

Площадка (место) у водного источника для установки насосного агрегата и его оборудования должна быть ровной с плотным грунтом. Ее высота над зеркалом водоема не должна превышать технически допустимую высоту

всасывания, указанную в паспорте агрегата. Расстояние между насосом и забором воды должно соответствовать общей длине имеющихся в комплекте агрегата всасывающих рукавов.

Магистральную линию следует прокладывать к фронту пожара по кратчайшему расстоянию, по возможности, минуя резкие подъемы, спуски и повороты. При прокладке магистрали на большие высоты, когда подача воды не может быть обеспечена одним насосом, применяется способ перекачки - последовательное соединение двух или более насосных агрегатов. При этом первые насосы работают на слив, перекачивая воду в установленные на магистральной линии промежуточные буферные емкости. Последний агрегат забирает воду из крайней емкости и подает ее на кромку пожара.

Расчет дальности подачи воды ведут в каждом отдельном случае на используемые насосы, диаметры насадок ствола и категории рукавов, ориентируясь на оптимальные параметры рабочей струи, выбрасываемой из пожарного ствола. Как показывает практика тушения лесных пожаров рабочая длина струи должна быть 12...15 м, а расход воды - 2...4 л/с. Такая рабочая струя может быть получена при использовании насадок пожарного ствола диаметром 13 мм и наличии напора воды в стволе 26,7 м вод.ст. (табл.1).

Кроме того, следует учесть также удельное сопротивление рукавов (табл.2) и потери напора на преодоление превышения места пожара (точнее, превышения насадки ствола) над напорным патрубком насоса и трения воды о стенки рукавов.

Возможная дальность подачи воды по рукавам определяется по формуле:

$$L = \frac{H-h_1-h_2}{AQ^2},$$

где:

L - длина рукавной линии, м;

H - наибольший напор, развиваемый насосом, м вод.ст.;

h₁ - превышение места пожара (насадки) над напорным патрубком насоса, м;

h₂ - напор воды в конце рукавной линии (на насадке) для создания рабочей струи, м вод.ст.;

A - коэффициент удельного сопротивления рукавов;

Q₂ - расход воды, л/с.

Для расчета суммы потерь напора воды в рукавных линиях может быть применена следующая формула:

$$H_{\text{маг}} = LAQ^2 + h,$$

где:

L - длина магистральной линии, м;

A - коэффициент удельного сопротивления рукавов;

Q2 - расход воды, л/с;

h - превышение места пожара (насадки) над напорным патрубком насоса, м.

Для ускорения решения этого вопроса можно произвести необходимые расчеты, используя табл.1 и 3.

Таблица 1. Взаимозависимость длины струи, диаметра насадки ствола, напора и расхода воды.

Длина рабочей части струи, м	Диаметр насадки ствола, мм									
	13		16		19		22		25	
	напор	расход	напор	расход	напор	расход	напор	расход	напор	расход
	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т
6	8.1	1.7	7.8	2.5	7.7	3.5	7.7	4.6	7.5	5.9
7	9.6	1.8	9.2	2.7	9.0	3.8	8.9	5.0	8.7	6.4
8	11.2	2.0	10.7	2.9	10.4	4.1	10.2	5.4	10.1	6.9
9	13.0	2.1	12.4	3.1	12.0	4.3	11.7	5.8	11.5	7.4
10	14.9	2.3	14.1	3.3	13.6	4.6	13.2	6.1	12.9	7.8
11	16.9	2.4	15.8	3.5	15.2	4.9	14.7	6.5	14.4	8.3
12	19.1	2.6	17.7	3.8	16.9	5.2	16.3	6.8	15.9	8.7
13	21.4	2.7	19.7	4.0	18.7	5.4	18.0	7.2	17.5	9.1
14	23.9	2.9	21.8	4.2	20.6	5.7	19.8	7.5	19.2	9.6
15	26.7	3.0	24.0	4.4	22.6	6.0	21.6	7.8	20.9	10.0
16	29.7	3.2	26.5	4.5	24.7	6.2	23.6	8.2	22.7	10.4
17	33.2	3.4	29.2	4.8	27.1	6.5	25.7	8.5	24.7	10.8
18	37.1	3.6	32.2	5.1	29.6	6.8	28.0	8.9	26.8	11.3
19	41.7	3.8	35.6	5.3	32.5	7.1	30.5	9.3	29.1	11.7
20	46.8	4.0	39.4	5.6	35.6	7.5	33.2	9.7	31.5	12.2
21	53.3	4.3	43.7	5.9	39.1	7.8	36.3	10.1	34.3	12.8
22	60.9	4.6	48.7	6.2	43.1	8.2	39.6	10.6	37.3	13.3
23	70.3	4.9	54.6	6.6	47.6	8.7	43.4	11.1	40.6	13.9
24	82.2	5.3	61.5	7.0	52.7	9.1	47.7	11.7	44.3	14.5
25	98.2	5.8	70.2	7.5	58.9	9.6	52.7	12.2	48.6	15.5
26	-	-	80.6	8.0	66.2	10.2	58.5	12.9	53.5	15.9
27	-	-	94.2	8.6	75.1	10.9	65.3	13.7	59.1	16.8
28	-	-	-	-	86.2	11.6	75.5	14.5	65.8	17.7
29	-	-	-	-	-	-	83.7	15.4	73.8	18.7
30	-	-	-	-	-	-	95.4	16.5	82.8	19.8

Примечание. Напор - м вод.ст., расход - л/с.

Таблица 2. Величина удельного сопротивления рукавов в зависимости от их диаметра.

Категория рукавов	Диаметр рукавов, мм		
	Т		
	51	66	77

Непрорезиненные	0.0120	0.00385	0.00150
Прорезиненные	0.00677	0.00172	0.00077

**Таблица 3. Данные о потере напора в рукавных линиях, м вод.ст.,
при расходе воды из стволов с насадкой 13 мм по 2.7 л/с
и насадкой 16 мм по 4.6 л/с.**

Длина рукав- ных линий, м	Рукава диаметром 51 мм и стволы с насадкой				Рукава диаметром 66 мм и стволы с насадкой			
	13 мм		13 мм		16 мм		16 мм	
	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	2 шт.	2 шт.	2 шт.	2 шт.
	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т
50	4.3	17.5	9.6	38.4	1.4	5.6	3.1	12.3
100	8.6	35.0	19.2	76.8	2.8	11.2	6.2	24.6
200	17.3	70.0	38.4	153.6	5.6	22.6	12.3	49.3
300	26.0	105.0	57.6	-	8.4	33.7	18.5	73.9
400	34.6	-	76.8	-	11.2	44.9	24.6	99.0
500	43.2	-	96.0	-	14.1	56.1	30.8	123.2
600	51.9	-	115.2	-	16.9	67.4	37.0	-
700	60.6	-	-	-	19.7	78.6	43.1	-
800	69.2	-	-	-	22.5	89.8	49.3	-
900	77.8	-	-	-	25.4	107.1	55.4	-
1000	86.5	-	-	-	28.2	-	61.6	-
1100	95.2	-	-	-	31.0	-	67.8	-
1200	103.8	-	-	-	33.8	-	73.9	-
1300	-	-	-	-	36.3	-	80.1	-
1400	-	-	-	-	39.4	-	86.2	-
1500	-	-	-	-	42.2	-	92.4	-

Ниже приводится пример такого расчета.

Команда прибыла на пожар с автоцистерной АЦ-20(66)-104. Согласно паспорту, насос этой автоцистерны может развивать напор 95 м вод.ст.

По данным разведки пожара, расстояние, на которое должна быть проложена магистральная напорная рукавная линия, составляет около 300 м, а превышение конца этой линии над напорным патрубком насоса - 10 м. Имеется в виду работать двумя рабочими рукавными линиями, причем длина одной такой линии должна быть около 100 м, а другой 80 м. Из табл.3 находим величину потери напора в магистральной рукавной линии длиной 300 м при диаметры рукавов 66 мм, работе двумя стволами с насадками диаметром 13 мм и при расходе воды 2.7 л/с на каждом (графа 7). Эта потеря составляет 33.7 м вод.ст. К ней следует прибавить величину потери напора на преодоление превышения конца линии над напорным патрубком насоса - 10 м вод.ст. Вся потеря напора в магистральной линии составит 43.7 м вод.ст. Потеря напора в

рабочей линии при ее длине 100 м и диаметре рукавов 51 мм согласно табл. 3 (графа 3) составит 35 м вод.ст. Кроме того, на создание рабочей струи в конце рабочей линии требуется, как указывалось выше, напор 26.7 м вод.ст. Вторая, более короткая рабочая рукавная линия, будет работать лучше первой и дополнительного напора не потребуется. Таким образом, величина развиваемого насосом напора воды в приведенном случае должна быть $43.7+35+26.7=105.4$ м вод.ст.

Следовательно, в приведенном выше примере, тушение пожара одним насосом автоцистерны АЦ-20(66)-104 не может быть обеспечено.

В подобных случаях могут быть применены различные способы усиления подачи воды к пожару: переход на тушение одной струей, прокладка двух магистральных линий, применение способа перекачки, применение напорных рукавов большего диаметра и питание одной рабочей рукавной линии двумя магистральными.

В настоящее время парк АЦ-20(66)-104 не пополняется. Вместо этой модели выпускается АЦ-30(66-11)мод.184А, АЛП-10(66)221 и др.

При установке мотопомпы, монтаже ее комплектующего оборудования и в период тушения необходимо строго соблюдать ряд правил их эксплуатации:

заборная часть всасывающей линии должна быть защищена сеткой, а в случае мелкого водоема и его сильного загрязнения она должна опускаться в спецкорзине;

рукава магистральных и рабочих линий не должны иметь резких перегибов, заломов, не допускается их сдавливание (тяжелыми предметами или наезд транспорта);

обслуживание насосного агрегата осуществляется квалифицированными рабочими, имеющими практический опыт работы.

Состав бригады в 6 человек может обеспечить работу агрегата с рукавными линиями общей длиной в 600 м. При длине свыше 600 м на каждые дополнительные 160 м рукавов состав бригады надо увеличить на одного человека.

При отсутствии местных водных источников (вблизи кромки пожара) вода доставляется авто- или тракторными цистернами, а при отсутствии дорог - вертолетами в емкостях П-1.00 или ВСУ на внешней подвеске. В пересеченной местности (в горах) емкости рекомендуется устанавливать на возвышениях (водоразделах) вблизи кромки пожара. В этом случае полезно иметь 200...300 м пожарных рукавов, по которым можно доставить воду к месту тушения самотеком для заправки лесных огнетушителей.

Основными приемами использования водосливного устройства (ВСУ) являются: обработка кромки пожара с вертолета водой и растворами химикатов; прокладка заградительных полос; использование их как резервуара для заправки лесных огнетушителей. Наибольший эффект при обработке кромки огня водой с вертолета получается при тушении пожаров, распространяющихся в редкостойных и низкорослых насаждениях, в кустарниковых зарослях, на не покрытых лесной растительностью площадях и в притундровых лесах. При этом метод слива воды с вертолета целесообразно применять только для дотушивания пожаров и при наличии наземной команды, а также в труднодоступных местах при тушении очагов загорания до прихода рабочих.

Перечень и краткая характеристика основных технических средств, применяемых при обнаружении и тушении лесных пожаров

Машины, орудия, оборудование	Марка машин, орудия, оборудования	Краткая техническая и технологическая характеристика
Самоходные машины и специальные лесопожарные агрегаты		
Лесопатрульный автомобиль	АЛП-10 (66) -221	Базовый автомобиль ГАЗ-66. Вместимость цистерны 0.9 м3. Численность команды 7 чел. Оборудован мотопомпой МП-600, громкоговорящей установкой - СГУ-60, радиостанцией. Используется в зоне с развитой сетью дорог
Лесопожарная автоцистерна	АЦЛ-147	Лесная пожарная автоцистерна, кроме доставки рабочих, воды и оборудования, используется для прокладки заградительных минерализованных полос при помощи навесного дискового плуга. Мест для экипажа - 8. Емкость цистерны - 980 л. Производительность - 300 л/мин. В комплект входит мотопомпа ПМП-Л1, огнетушители, зажигательный аппарат, радиостанция и другое оборудование. Максимальная скорость движения укомплектованной цистерны 80 км/ч, по лесным дорогам - 20-30 км/ч. Преодолевают подъемы крутизной до 30°
Лесопожарный вездеход	ВПЛ-149	Выполняет те же работы, что и автоцистерна АЦЛ-147. Создан на базе гусеничного транспортера ГАЗ-71, предназначен для районов, где проезд автотранспорта затруднен. Емкость баков с водой 450 л. Экипаж - 6 чел. Скорость по улучшенной дороге - 50 км/ч, по грунтовой лесной - 35, по заболоченной местности - 15 км/ч;

		может преодолевать водные преграды со скоростью 5 км/ч, подъемы и спуски крутизной до 35°
Лесопожарный вездеход	ВПЛ-6	Базовой машиной является вездеход ГТС-М со смонтированным пожарным оборудованием, комплектом переносных средств пожаротушения и прицепной цистерной для воды. Емкость баков огнегасящей жидкости 700 л, емкость прицепной цистерны 1447 л
Лесопожарный агрегат	АЛП-15 (Т-150К-177)	Лесопожарный агрегат на базе трактора Т-150К; имеет бульдозерный отвал шириной 2.6 м, плуг для прокладки минерализованных полос, прицепную цистерну для воды, пожарный насос, два пеногенератора, лафетный ствол, другое пожарное оборудование. Емкость цистерны для воды на тракторе 1200 л, емкость пенобака 550 л, емкость бака для смачивания - 90 л. Производительность лафетного ствола - 2-3 л/с, дальность подачи воды - 20 м
Лесопожарное модульное оборудование	ЛМО	Монтируется на гусеничный транспортер ГАЗ-71, на колесный трактор Т-150К и на автомашину ГАЗ-66. Производительность насоса - 240 л/мин. Дальность струи - 20 м, масса - 600 кг. Емкость баков - 800 л. Экипаж - 4 чел.
Тракторный лесопожарный агрегат	ТЛП-55	Состоит из трактора ЛХТ-55, на котором смонтированы насосная установка, емкость для воды, бульдозерный отвал, плуг, сиденья для экипажа. Снабжен комплектом лесопожарного оборудования (бензопила, мотопомпа, торфяные стволы, лесные огнетушители, зажигательный аппарат, ручной пожарный инвентарь). Максимальная скорость - 10 км/ч, производительность насосной установки - 600 л/мин. Экипаж - 4 чел.
Трактор лесопожарный	ТЛП-4	Базовая машина - трактор ЛХТ-4 и ЛХТ-4М. Насос для подачи воды шестеренчатый (НШН-600М), производительность - 600 л/мин. Емкость баков - 4 м, транспортная скорость - 9.7-10.2 км/ч, запас хода - 150 км. Ширина прокладываемой им полосы не менее 2,5 м. Производительность прокладки минерализованных полос - 1.5...4.0 км/ч
Лесопатрульный катер	ЛФ-22П	Катер укомплектован мотопомпой МЛН-0.25/2.5 (ПМП-Л1), пожарными рукавами, канистрами для сульфанола, лесными огнетушителями.

		Водоизмещение катера - 2.61 т, мощность двигателя - 118 кВт (160 л.с.), проходимая глубина - 0.28м, скорость хода - 44 км/ч, дальность плавания - 100 км, габариты - 6.6х2.3х2.0 м
Лесопожарный катер	КС-100Д	Оборудован мотопомпами М-600А. МЛН-0.25/2.5, напорными рукавами длиной 500 и 1000 м, стволом-пикой ТС-1, лесными огнетушителями, зажигательным аппаратом АЗ, лопатами, бензопилой, емкостями для химикатов, радиостанцией типа "Алмаз", "Карат", переносными радиостанциями, громкоговорящей установкой ГУ-20. Водоизмещение катера - 7.2 т, скорость хода - 26-28 км/ч, дальность плавания на одной заправке - 350 км, команда 8 человек. Двигатель дизельный мощностью - 124 кВт (170 л.с.)
Прицепные и переносные мотопомпы для тушения пожаров водой		
Пожарные мотопомпы	МП-1600	Прицепная пожарная мотопомпа на одноосном прицепе предназначена для подачи воды из открытых водоисточников и ее перекачки. Подача воды - 1600 л/мин. Буксируется любым автомобилем с буксирным устройством. Время работы на одной заправке топлива - 2.5 ч
	Которна-950	Мотопомпа перевозится на автомашинах и других транспортных средствах (масса 580 кг), мощность двигателя (двухцилиндровый воздушного охлаждения) - 13.5 кВт, производительность - 95 л/мин, рабочее давление
	МЛП-0.2	Мотопомпа легкая лесопожарная плавающего типа (плавающая мотопомпа). Может работать на любом водоеме с размером зеркала воды 0.9х0.9 м и более и глубиной не менее 15 см. Масса мотопомпы - 20 кг; производительность при работе с насадкой - 60 л/мин, на слив - 230 л/мин, производительность работы на одной заправке - 60 мин. Диаметр напорной рукавной линии - 26 мм, длина 160 м
	МЛВ-2/1.2	Мотопомпа лесопожарная высокого давления предназначена для подачи воды и другой огнегасящей жидкости по напорным пожарным рукавам от водоисточника к месту лесного пожара. Двигатель мотопомпы - лодочный мотор "Ветерок-83" мощностью 5.88 кВт

	МЛВ-1	Высоконапорная переносная мотопомпа. Подача воды осуществляется на расстояние 1 км и более на высоту 150 м. Укомплектована напорными и всасывающими рукавами из синтетики диаметром 26 мм, ручным стволом с насадками. Двигатель мотопомпы "Урал-2" мощностью 3.67 кВт. Продолжительность непрерывной работы - 45 мин. Масса без комплектации - 17.5 кг
Ранцевая аппаратура для тушения пожаров водой и ручные инструменты		
Лесные огнетушители	РЛО-М ОР	Модернизация огнетушителя РЛО-6. Усилие на гидропульте снижено с 5 до 2 кг. Длина компактной струи - 7 м, распыленной - 2 м. Состоит из резервуара, гидропульта и соединительного шланга. Резервуар из палаточной ткани. Емкость - 20 л, масса огнетушителя - 1.5 кг
Комплект ручных инструментов для парашютистов и десантников	ЛК-3	Предназначен для тушения кромки пожара, создания опорных полос, расчистки завалов, разделки и уборки деревьев. Комплект инструментов включает в себя: топор, лопату, топор-мотыгу, грабли раздвижные, кустарниковый нож
Оборудование для тушения торфяных пожаров и производства отжигов		
Торфяные стволы	ТС-1 ТС-2	Состоит из полрой латунной трубки с внутренним диаметром 16 мм, наконечника и крана-ручки с накидной гайкой. В нижней части имеет 40 отверстий диаметром до 3 мм. Вода со смачивателем поступает от мотопомпы в ствол под давлением 3-4 атм через отверстия в почву. Масса ТС-1 - 2.2 кг, общая длина - 1.3 м. Расход жидкости - 35...42 л/мин Для тушения торфяных пожаров при глубине прогорания до 2 м. Общая длина ствола - 2.10 м. В нижней части имеется 80 отверстий. Масса ствола - 3.2 кг
Зажигательные аппараты	АЗ	Ранцевый фитильно-капельный аппарат, состоит из резервуара для горючей смеси, шланга для подачи горючей смеси в пенал. Масса - 1.7 кг. Объем горючего - 4 л. Горючее - смесь бензина и нефтемаслов в соотношении 2:1. Продолжительность работы на одной заправке - 1 ч
Лесопожарные устройства и емкости для доставки воды на пожар и тушения с воздуха		

Лесопожарные мягкие резервуары (емкости)	П-1.00	Мягкий резервуар в виде усеченного конуса. Предназначен для доставки воды на внешней подвеске вертолета Ми-8. Объем - 1000 л. Масса - 38 кг. Габариты в заполненном состоянии: 1300x1180 мм
	РДВ-100	Резервуар в виде усеченного конуса. Объем - 100 л
	РДВ-30 РДВ-12	Предназначены для подноски воды к кромке лесного пожара. Объем соответственно 30 и 12 л
	РДВ-1500	Предназначен для доставки воды на автомобилях. Объем - 1500 л. Масса - 42 кг. Габариты в свернутом состоянии: 2080x1800x790 мм
	ВСУ	Водосливное устройство для вертолета Ми-8Т. В комплект ВСУ входят: дюралюминиевая емкость цилиндрической формы, объемом 2 м ³ , с устройством для дозировки забора воды (1.5, 1.75, 2.0 м), внешняя тросовая подвеска со специальным вертлюгом: система дистанционного, с борта вертолета, управления сливом жидкости с замком "рвушкой" для аварийного сброса ВСУ
Лесопожарные са- молеты-танкеры	Ан-2П	Бак огнегасящей жидкости в фюзеляже объемом - 1200 л, высота полета при сливе - 25 м над пологом леса. время слива - 3 с. Заправка с пожарной машины на аэродроме
	Ан-26П	2 подвесных бака по 2000 л каждый. Заправка со специального аэродромного модуля или пожарных машин. Высота полета при сливе - около 40 м над пологом леса, время слива -до 3 с
	Ан-32П	4 подвесных бака по 2000 л каждый. Заправка со специального аэродромного модуля или пожарных машин. Высота полета при сливе - около 50 м над пологом леса. Слив производится сначала с передних двух баков и через 1.5 с с двух задних или одновременно со всех баков
	Бе-12П	Гидросамолет с баком на 6 т внутри фюзеляжа. Забор воды на глессировании, слив с высоты 50 м над пологом леса

Лабораторная работа № 2

Испытание водопроводной сети на водоотдачу.

Измерительная аппаратура

При регистрации параметров используют аппаратуру с соответствующими точностью и погрешностью измерения, в частности, при определении:

- давления – манометрические приборы класса точности не ниже 1,0-2,5 с диапазоном измерения от 0 до (0,6-1,0) МПа (например, манометры);
- температуры – термометры с ценой деления 1 °С с диапазоном измерения от 0 до 50 °С;
- диаметра отверстия – штанген-циркулем с ценой деления 0,1 мм и диапазоном измерения 120 мм или измерительные пробки на соответствующий диаметр диафрагмы с допуском $\pm 0,1$ мм.

Цель испытаний

Целью испытаний является определение давления на "диктующем" пожарном кране (т.е. давления у клапана либо у ручного пожарного ствола "диктующего" крана) с последующей проверкой этого давления и соответствующих ему значений расхода воды и высоты компактной части водяной струи (по таблице Б.2) на соответствие нормативным или согласованным в установленном порядке с органами ГПС.

Условия проведения испытаний

Испытания ВПВ на водоотдачу должны осуществлять не реже двух раз в год (весной и осенью) при температуре не ниже 5 °С.

Испытания на водоотдачу необходимо проводить при минимальном давлении в магистральной (внешней) сети или в тот период суток, когда в здании, в котором происходит испытание ВПВ, наблюдается наибольшее по данным соответствующих служб водопотребление (выбирается случай наименьшего давления воды в ВПВ).

За параметр водоотдачи ВПВ принимается давление на "диктующем" пожарном кране.

Испытания на водоотдачу необходимо проводить последовательно на самом удаленном от насоса пожарном кране и на каждом самом высоко

расположенном пожарном кране каждого стояка; при испытаниях одновременно должно быть включено такое количество пожарных кранов, которое регламентировано нормативными документами. в качестве дополнительных пожарных кранов могут использоваться ниже расположенные по стояку и/или краны смежных стояков. В каждом случае давление измеряется только на "диктующем" пожарном кране или на самом высоко расположенном пожарном кране каждого стояка.

"Диктующий" пожарный кран и его место расположения в здании (или части здания, ограниченной огнестойкими стенами) должно быть указано в проектной документации или определены гидравлическим расчетом.

Оборудование для проведения испытаний

Для измерения давления может использоваться измерительная вставка с манометром (рисунок 4.1). Концы вставки должны быть оборудованы муфтовыми головками.

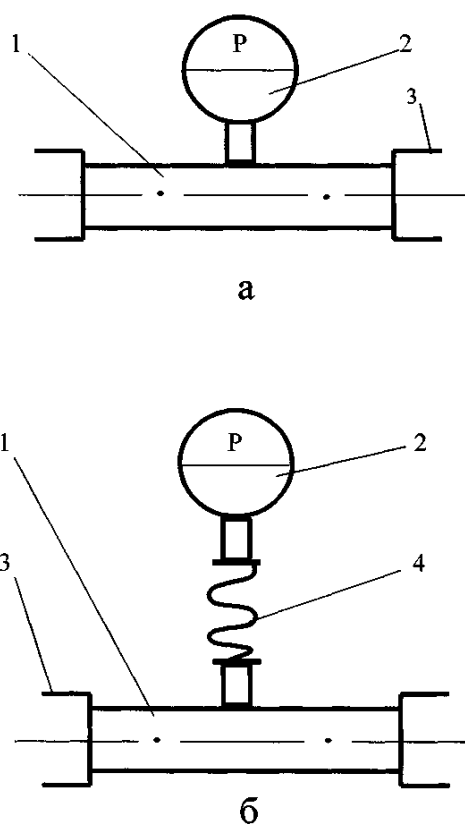


Рисунок 4.1 – Вставка с манометром

1 – корпус; 2 – манометр; 3 – головка муфтовая; 4 – гибкий шланг.

Вставка с манометром может размещаться между клапаном и пожарным рукавом или между пожарным рукавом и пожарным стволом.

Манометр может быть установлен непосредственно на вставке или может подсоединяться к ней через гибкий шланг длиной не более 1 м.

Выбор места размещения измерительной вставки и необходимости использования гибкого шланга определяет испытатель в зависимости от удобства проведения испытаний.

Могут быть использованы иные устройства, обеспечивающие измерение давления.

Измерительное устройство должно быть поверено.

Пожарные стволы

При проведении испытаний на водоотдачу допускается использовать как штатные пожарные стволы, находящиеся в проверяемых пожарных шкафах, так и специально выделенные для этих целей ручные пожарные стволы в том числе и перекрывные.

Конструкции как ручных штатных пожарных стволов, так и специально выделенных ручных пожарных стволов в том числе и перекрывных должна соответствовать нормативным документам.

Диаметр выходного отверстия ручных пожарных стволов должен соответствовать диаметру (одному из трех типоразмеров: 13, 16 или 19 мм), предусмотренному проектом ВПВ для защищаемого здания.

Пожарные рукава

При проведении испытаний на водоотдачу длина (10, 15 или 20 м) и диаметр (51 или 66 мм) пожарных рукавов должны соответствовать длине и диаметру, регламентированному для данного здания (или части здания, ограниченного противопожарными стенами 1-ого типа), в котором проводят испытание ВПВ.

Допускается при проведении испытаний использовать специально выделенный для этих целей рукав длиной менее 10 м. Диаметр этого рукава D должен составлять:

$$D > 2d,$$

где d – диаметр выходного отверстия ручного пожарного ствола.

Приемный бак

При измерении давления струю из пожарного ствола можно направить в канализацию, водосточную трубу, на улицу и т.п. или, если это по каким либо причинам недопустимо, в приемный бак. Вместимость приемного бака определяют из условия продолжительности выхода на режим пожарного насоса и величины нормативного расхода воды из испытываемого пожарного крана. При этом необходимо предусмотреть защитные средства (например, кошму или крышку с отверстием под пожарный ствол), исключающие разбрызгивание из него воды. После испытаний воду из приемного бачка сливают в ближайшее канализационное устройство.

Порядок проведения испытаний

- Занести исходные данные для испытаний в рабочий журнал испытаний (по форме таблицы 4.1, графы 1-3).
- Открыть пожарный шкаф, в котором находится "диктующий" клапан пожарного крана.
- Отсоединить штатный пожарный рукав от клапана (или отсоединить пожарный рукав от ручного пожарного ствола).
- Если диафрагма предусмотрена проектом, проверить установлена ли она на выходе клапана пожарного крана и соответствует ли ее диаметр проектным данным. Измерение проводить штангенциркулем или измерительной пробкой, показания занести в таблицу 4.1 рабочий журнал испытаний (по форме таблицы приложения Г).
- Подсоединить измерительное устройство к клапану (или подсоединить измерительное устройство к пожарному стволу).
- Подсоединить штатный или специально выделенный пожарный рукав с ручным пожарным стволом к измерительному устройству.

Примечание - Если пожарный ствол перекрывной, необходимо убедиться, что кран ствола открыт.

- Проложить без резких перегибов пожарный рукав в место, в котором предполагается пролив воды из пожарного ствола (если пролив предполагается в окно - открыть окно, если в приемный бак - пожарный ствол направить в бак и накрыть сверху кошмой).

Примечание - Пожарный рукав и ручной пожарный ствол должен находиться в пределах этажа, на котором находится испытуемый пожарный кран.

-Один из испытателей должен удерживать пожарный ствол в заданном направлении, а другой испытатель должен находиться у клапана пожарного крана.

- Если пожарная насосная установка испытываемого ВПВ включается автоматически при открытии клапана пожарного крана, то для измерения давления необходимо открыть клапан пожарного крана.

- Если пожарная насосная установка приводится в действие от ручного пожарного извещателя (кнопки), то прежде включают ручной пожарный извещатель, расположенный у "диктующего" пожарного крана, а затем открывают клапан пожарного крана.

- Измерение давления необходимо проводить при установившемся давлении. Зафиксировать по манометру значение установившегося давления у клапана $P_{\text{кл изм}}$ (или у ствола $P_{\text{ст изм}}$).

- Если пожарный насос автоматически не отключается, то перекрывается клапан пожарного крана и дается команда на отключение насоса.

- Занести показания давления в рабочий журнал испытаний (по форме таблицы 4.1):

- если давление измерялось у клапана – то в графу 4 таблицы 4.1;
- если давление измерялось у пожарного ствола – то в графу 5 таблицы 4.1.
- Отсоединить измерительное устройство.
- Соединить штатный пожарный рукав с клапаном (или соединить штатный пожарный рукав с ручным пожарным стволом).
- Закрыть пожарный шкаф.

Обработка результатов испытаний.

Давление, измеренное у клапана пожарного крана $P_{\text{кл изм}}$, должно быть не менее нормативного $P_{\text{ПК норм}}$ (с учетом длины рукава согласно таблице Приложения А) или не менее согласованного с органами ГПС проектного значения $P_{\text{ПК проек}}$

$$P_{\text{кл изм}} \geq P_{\text{ПК проек}} \geq P_{\text{ПК норм}}$$

Давление $P_{\text{ст изм}}$, измеренное у пожарного ствола должно удовлетворять следующему выражению

$$P_{\text{ст изм}} \geq (P_{\text{ПК норм}} - \Delta P_{\text{рук}} L) \geq (P_{\text{кл проек}} - \Delta P_{\text{рук}} L)$$

где $P_{\text{ПК норм}}$, $P_{\text{кл проек}}$ – соответственно нормативное и проектное значение давления у клапана пожарного крана (по таблице Приложения А при соответствующих длине пожарного рукава, диаметре выходного отверстия пожарного ствола и условного прохода пожарного крана), м вод.ст.;

$\Delta P_{\text{рук}}$ – удельные потери давления по длине рукава (потери давления на рукаве длиной 1 м), м вод. ст./м (удельные потери давления по длине рукава $\Delta P_{\text{рук}}$ определяются по таблице Б.2);

L – длина рукава, м.

Значение давления $P_{\text{ст изм}}$ заносят в рабочий журнал испытаний (по форме таблицы 4.1, графа 5).

Если в качестве пожарного рукава используют специально выделенный для этих целей рукав длиной менее 10 м, соответствующий п. 4.3.3.2 настоящей Методики, то удельные расходы принимают равными стандартному пожарному рукаву длиной 10 м.

Согласно таблице Б.2 (при соответствующих длине пожарного рукава, диаметре выходного отверстия пожарного ствола и условном диаметре пожарного крана) по давлению $P_{\text{кл.изм}}$ определяют расход воды из пожарного ствола (графы 2, 5 или 8) и высоту компактной части струи (графа 1). Расход воды из пожарного ствола и высота компактной части струи, определенные по таблице Б.2, должны быть не менее требуемых проектных значений.

Критерии результатов испытаний

За критерий положительной оценки результатов испытаний принимают значение давления у "диктующего" пожарного крана, которые должны быть не меньше значений давления, приведенного для данных условий (диаметр выходного отверстия ручного пожарного ствола, условный проход клапана пожарного крана или внутренний диаметр пожарного рукава) в таблице 3 СНиП 2.04.01-85* (таблице Б.2 настоящей Методики) и проектным данным.

Оформление результатов испытаний

Результаты тестирования на водоотдачу ВПВ (на соответствие давления у "диктующего" пожарного крана (у клапана или у пожарного ствола) требованиям таблицы Б.2 настоящей Методики, т.е. таблицы 3 СНиП 2.04.01-85*) оформляют в виде акта и протокола испытаний.

Акт испытаний ВПВ (приложение В) должен содержать дату, время и место проведения испытаний, наименования здания или части здания, ограниченной огнестойкими стенами (пожарного отсека), и организации, обслуживающей ВПВ, номера стояков и пожарных кранов согласно гидравлической схеме, тип клапана пожарного крана, тип ручного пожарного ствола, длину пожарного рукава, количество и номера одновременно испытываемых пожарных кранов, тип насоса, давление и расход "диктующего" пожарного крана в момент наибольшего потребления воды на хозяйственные нужды (допустимое, измеренное или расчетное), выводы по результатам испытаний, подписи членов комиссии.

Протокол испытаний ВПВ на водоотдачу (приложение Г) должен содержать дату, время и место проведения испытаний, наименования здания или части здания, ограниченной противопожарными стенами 1-ого типа (пожарного отсека), и организации, обслуживающей ВПВ, номера стояков и пожарных кранов согласно гидравлической схеме, тип клапана пожарного крана, тип ручного пожарного ствола, длину пожарного рукава, количество и номера одновременно испытываемых пожарных кранов, тип насоса, минимальное допустимое давление у "диктующего" пожарного ствола в момент наибольшего потребления воды на хозяйственные нужды, результаты испытаний: давление у клапана пожарного крана, табличные (по таблице Б.2) значения расхода и высоты компактной части струи и подписи участников испытаний.

Протокол испытаний ВПВ на водоотдачу

г. _____ " ____ " _____ 20 г.

НАИМЕНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ-ЭКСПЛУАТАЦИОННИКА

НАИМЕНОВАНИЕ ОБЪЕКТА

(здание, пожарный отсек)

Наименование обслуживающей организации

Дата и время испытаний

Номера стояков и испытываемых пожарных кранов

Клапан пожарного крана типа

Ручной пожарный ствол типа

Длина и диаметр пожарного рукава м мм

ПОЖАРНЫЙ НАСОС ТИПА

Напор пожарного насоса при закрытых пожарных кранах МПа

Согласно СНиП 2.04.01-85*:

- расход "диктующего" пожарного крана л/с

(допустимый)

- давление у "диктующего" пожарного крана МПа

(допустимое)

- количество одновременно испытываемых пожарных кранов на водоотдачу шт.

Результаты испытаний ВПВ на водоотдачу по "диктующему" пожарному крану

п/п	номер а стоя	наиме н е тр выхо	длина рука вной	Давление, МПа	расхо д, л/с	высот а комп	результ аты испы
-----	-----------------	-------------------------------	-----------------------	------------------	--------------------	--------------------	------------------------

	3- 16**	+	+			+		
3	1-16							+
	2- 16**	+	+			+	+	
	2-15							
4	1-16	+	+			+	+	+
	2-16							
	3- 16**							

Примечания.

*1 Диаметр диафрагмы (если она имеется) – указывается в скобках.

**2 "Диктующий" пожарный кран.

3 Первое число в столбце 2 обозначает номер стояка, второе – номер пожарного крана.

4 Заполняют графы, "; на водоотдачу должен □ помеченные знаком "+" быть проверен самый верхний пожарный кран каждого стояка.

5 В графах 6-8 имеется ввиду параметры, согласованные с в порядке, установленном Инструкцией по организации и осуществлению государственного пожарного надзора в Российской Федерации.

6 Оформление протокола возлагается на ответственного за состояние ВПВ, если обслуживание ВПВ осуществляет эксплуатирующая организация, или ответственное лицо, назначенное специализированной обслуживающей организацией, если обслуживание ВПВ осуществляет специализированной организация.

Заключение по результатам испытаний

Минимальная водоотдача ВПВ ("диктующего" крана – наиболее удаленного от насоса и самых верхних пожарных кранов каждого стояка) при работе

(одного крана или при совместной работе нескольких кранов)

в количестве _____ шт.

(указать номера кранов и стволов)

составляет не менее:

давление _____ МПа;

расход _____ л/с;

высота компактной части струи _____ м;

что _____ требованиям СНиП 2,04.01-85* или
согласованному

(удовлетворяет, не удовлетворяет)

в установленном порядке с органами ГПН.

Испытания провели _____

(наименование организации, должность, подпись, Ф.И.О.)

(наименование организации, должность, подпись, Ф.И.О.)

Лабораторная работа №3

Исследование истечения жидкости через насадки

Виды насадков и их применение. Истечение жидкости через насадки.

Насадкой называется отрезок трубы, длина которого в несколько раз больше внутреннего диаметра. Рассмотрим случай, когда к отверстию в стенке резервуара присоединен насадок диаметром d , равным диаметру отверстия.

На рис. 44 показаны наиболее распространенные виды насадок,

применяемые на практике:

а - цилиндрический внешний; *б* - цилиндрический внутренний; *в* - конический расходящийся; *г* - конический сходящийся; *д* - коноидально-расходящийся; *е* - коноидальный.

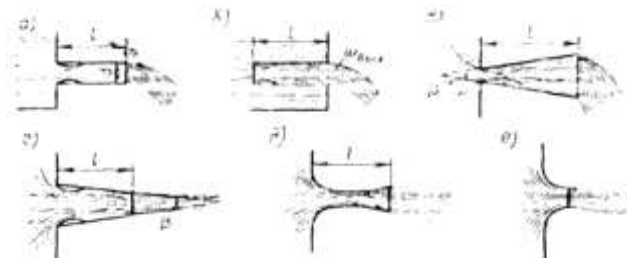


Рис. 44.

линдрические насадки встречаются в виде деталей гидравлических систем машин и сооружений. Конические сходящиеся и коноидальные насадки применяют для увеличения скорости и дальности полета струи воды (пожарные брандспойты, стволы гидромониторов, форсунки, сопла и др.).

Конические расходящиеся насадки применяют для уменьшения скорости и увеличения расхода жидкости и давления на выходе во всасывающих трубах турбин и др. В эжекторах и инжекторах также имеются конические насадки, как основной рабочий орган. Водопропускные трубы под насыпями дорог (с точки зрения гидравлики) также представляют собой насадки.

Рассмотрим истечение через внешний цилиндрический насадок (рис. 45).

Струя жидкости при входе в насадок сжимается, а потом расширяется и заполняет все сечение. Из насадка струя вытекает полным сечением, поэтому коэффициент сжатия, отнесенный к выходному сечению, $\varepsilon=1$, а коэффициент расхода

$$\mu = \varepsilon \varphi = \varphi.$$

Составим уравнение Д. Бернулли для сечений 1-1 и 2-2

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_{1-2},$$

где h_{1-2} — потери напора.

Для истечения из открытого резервуара в атмосферу аналогично истечению через отверстие уравнение Д. Бернулли приводится к виду

$$H = \frac{v_2^2}{2g} + h_{1-2}. \quad (144)$$

Потери напора в насадке складываются из потерь на входе и на расширение сжатой струи внутри насадка. (Незначительными потерями в резервуаре и потерями по длине насадка ввиду их малости можно пренебречь.) Итак,

$$h_{1-2} = \zeta \frac{v_{сж}^2}{2g} + \frac{(v_{сж} - v_2)^2}{2g}. \quad (145)$$

По уравнению неразрывности можем записать:

$$v_{сжс} \omega_{сжс} = v_2 \omega_2,$$

откуда

$$v_{сжс} = (\omega_2 / \omega_{сжс}) v_2 = v_2 / \varepsilon. \quad (146)$$

Подставляя значение $v_{сжс}$ в уравнение (145), имеем

$$h_{1-2} = \zeta \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 = \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{\zeta}{\varepsilon^2} + \frac{1}{\varepsilon^2} - \frac{2}{\varepsilon} + 1 \right) = \zeta_c \frac{v_2^2}{2g}, \quad (147)$$

где обозначено

$$\zeta_c = \frac{\zeta}{\varepsilon^2} + \frac{1}{\varepsilon^2} - \frac{2}{\varepsilon} + 1. \quad (148)$$

Полученное значение потерь напора подставим в уравнение (144), тогда

$$H = \frac{v_2^2}{2g} + \zeta_c \frac{v_2^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g} (1 + \zeta_c).$$

Отсюда скорость истечения

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_c}} \sqrt{2gH}. \quad (149)$$

Обозначая

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_c}} = \varphi_H, \quad (150)$$

получим для скорости уравнение

$$v_2 = \varphi_H \sqrt{2gH}. \quad (151)$$

Определим расход жидкости

$$Q = v_2 \omega_2 = \varphi_H \omega_2 \sqrt{2gH}.$$

Но для насадка $\mu_H = \varphi_H$ и

$$Q = \mu_H \omega_H \sqrt{2gH}, \quad (152)$$

где μ_H – коэффициент расхода насадка; ω_H – площадь живого сечения насадка.

Таким образом, уравнения для определения скорости и расхода жидкости через насадок имеют тот же вид, что и для отверстия, но другие значения коэффициентов. Для коэффициента сжатия струи (при больших значениях R_e и $\zeta \approx 0$) можно приближенно принять $\varepsilon = 0,64$, и тогда по формулам (148) и (149) получается $\mu = \varphi_H = 0,84$. Фактически происходят и потери по длине, поэтому для истечения воды в обычных условиях можно принимать $\mu_H = \varphi_H = 0,82$.

Сравнивая коэффициенты расхода и скорости для насадка и отверстия в тонкой стенке, устанавливаем, что насадок увеличивает расход и уменьшает скорость истечения.

Характерной особенностью насадка является то, что давление в сжатом сечении меньше атмосферного. Это положение доказывается уравнением Бернулли, составленным для сжатого и выходного сечений.

Во внутренних цилиндрических насадках сжатие струи на входе больше, чем у внешних, и поэтому значения коэффициентов расхода и скорости меньше. Опытами найдены коэффициенты для воды $\mu = \varphi = 0,71$.

В наружных конических сходящихся насадках сжатие и расширение струи на входе меньше, чем в наружных цилиндрических, но появляется внешнее сжатие на выходе из насадки. Поэтому коэффициенты ζ , φ и μ зависят от угла конусности. С увеличением угла конусности до 13° коэффициент расхода μ растет, а с дальнейшим увеличением угла уменьшается.

Конические сходящиеся насадки применяют в тех случаях, когда нужно получить большую выходную скорость струи, дальность полета и силу удара струи (гидромониторы, пожарные стволы и т. п.).

В конических расходящихся насадках внутреннее расширение струи после сжатия больше, чем в конических сходящихся и цилиндрических, поэтому потери напора здесь возрастают и коэффициент скорости φ уменьшается. Внешнего сжатия при выходе нет.

Коэффициенты φ и μ зависят от угла конусности. Так, при угле конусности $\beta < 8^\circ$ значения коэффициентов можно принимать равными $\varphi_{\text{вых}} = \mu_{\text{вых}} = 0,45$; при $\beta = 12^\circ$ (предельный угол) $\varphi_{\text{вых}} = \mu_{\text{вых}} = 0,26$. При $\beta > 12^\circ$ струя вытекает, не касаясь стенок насадка, т. е. как из отверстия без насадка.

Значения коэффициентов ε , φ и μ для насадок

Тип насадок	ε	φ	μ
Наружный	1	0,82	0,82
Внутренний	1	0,71	0,71
Конический сходящийся при	0,982	0,963	0,946
Конический расходящийся $\beta = 8^\circ \dots$	1	0,45	0,45
Коноидальный	1	0,98	0,98

Примечание. Для конических насадок коэффициенты даны для выходного сечения.

Конические расходящиеся насадки применяют в тех случаях, когда необходимо уменьшить скорость истечения, например, насадки для подачи смазочных масел и т. п. В конических расходящихся насадках в месте сжатия струи создается большой вакуум, поэтому их еще применяют там, где требуется создать большой эффект всасывания (эжекторы, инжекторы и т. п.).

Коноидальные насадки имеют очертания формы струи, вытекающей через отверстие в тонкой стенке. Для этих насадок значение коэффициентов составляет: $\varphi = \mu = 0,97 - 0,995$.

Их применяют в пожарных брандспойтах, но редко, так как изготовление их очень сложное.

Для коноидально-расходящейся насадки можно получить коэффициент расхода больше единицы за счет увеличения выходного сечения.

В таблице приводятся средние значения коэффициентов для различных насадок.

Лабораторная работа №4

Рабочие характеристики насосов.

Насосами называются машины, служащие для перекачки и создания напора жидкостей всех видов, механической смеси жидкостей с твердыми и коллоидными веществами и газов. Насосы в настоящее время являются самым распространенным видом машин.

По принципу действия насосы подразделяются на:

- а) центробежные, у которых перекачка и создание напора происходят вследствие центробежных сил, возникающих при вращении рабочего колеса;
- б) осевые (пропеллерные) насосы, рабочим органом у которых служит лопастное колесо пропеллерного типа. Жидкость в этих насосах перемещается вдоль оси вращения колеса;
- в) поршневые и скальчатые насосы, в которых жидкость перемещается при возвратно-поступательном движении поршня или скалки. К этой группе можно отнести простейший вид поршневых насосов - диафрагмовые насосы, у которых рабочим органом служит резиновая или кожаная диафрагма, совершающая возвратно-поступательные движения;
- г) тараны, работающие за счет энергии гидравлического удара;
- д) струйные насосы, в которых перемещение жидкости осуществляется за счет энергии потока вспомогательной жидкости, пара или газа;
- е) эрлифты (воздушные водоподъемники), в которых рабочим телом является сжатый воздух.

В зависимости от назначения и принципа действия конструктивное исполнение насосов самое различное. Ниже рассматривается устройство, принцип работы, характеристика и применение основных групп насосов.

Устройство и классификация центробежных насосов.

Центробежный насос состоит из следующих основных элементов (рис. 46): спирального корпуса 1, рабочего колеса 2, расположенного внутри корпуса и

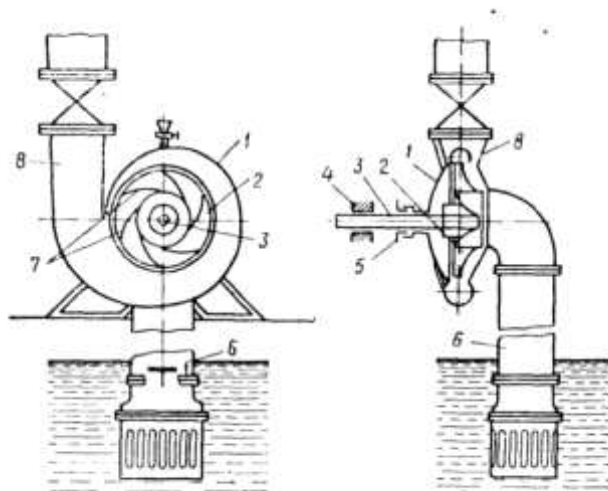


Рис. 46.

сидящего на валу 3. Рабочее колесо на вал насаживается с помощью шпонки.

Вал вращается в подшипниках 4, в месте прохода вала через корпус для уплотнения устроены сальники 5. Вода в корпус насоса поступает через всасывающий патрубок 6 и попадает в центральную часть вращающегося рабочего колеса. Под действием лопаток 7 рабочего колеса 2 жидкость начинает вращаться и центробежной силой отбрасывается от центра к периферии колеса в спиральную часть корпуса (в турбинных насосах в направляющий аппарат) и далее через нагнетательный патрубок 8 в напорный трубопровод. В результате действия лопаток рабочего колеса на частицы воды кинетическая энергия двигателя преобразуется в давление и скоростной напор струи.

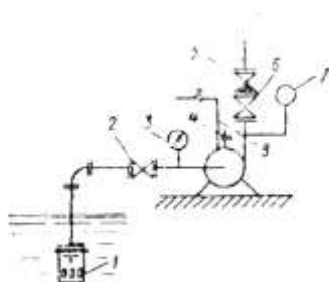


Рис. 47.

Напор насоса измеряется в метрах столба перекачиваемой жидкости. Всасывание жидкости происходит вследствие разрежения перед лопатками рабочего колеса.

Для создания большего напора и лучшего отекания жидкости лопатками придают специальную выпуклую форму, причем рабочее колесо должно вращаться выпуклой стороной лопаток в направлении нагнетания.

Центробежный насос должен быть оборудован следующей арматурой и приборами (рис. 47): приемным обратным клапаном с сеткой 1, предназначенным для удержания в корпусе и всасывающем патрубке насоса воды при его заливе перед пуском; сетка служит для задержания крупных взвесей, плавающих в воде; задвижкой 2 на всасывающем патрубке, которая устанавливается около насоса; вакуумметром 3 для измерения разрежения на всасывающей стороне. Вакуумметр устанавливается на трубопроводе между задвижкой и корпусом

насоса; краном 4 для выпуска воздуха при заливе (устанавливается в верхней части корпуса); обратным клапаном 5 на напорном трубопроводе, предотвращающем движение воды через насос в обратном направлении при параллельной работе другого насоса; задвижкой 6 на напорном трубопроводе, предназначенной для пуска в работу, остановки и регулирования производительности и напора насоса; манометром 7 на напорном патрубке для измерения напора, развиваемого насосом; предохранительным клапаном (на рисунке не указан) на напорном патрубке за задвижкой для защиты насоса, напорного патрубка и трубопровода от гидравлических ударов; устройством 8 для залива насоса.

В связи с тем, что насосные установки часто включаются в основной комплекс оборудования для регулирования режимов работы различного назначения, они могут быть оборудованы разнообразными приборами автоматики.

Центробежные насосы классифицируют по:

1) числу колес [одноступенчатые (одноколесные), многоступенчатые (многоколесные)]; кроме того, одноколесные насосы выполняют с консольным расположением вала – консольные;

2) напору [низкого напора до 2 кгс/см^2 ($0,2 \text{ МН/м}^2$), среднего напора от 2 до 6 кгс/см^2 (от $0,2$ до $0,6 \text{ МН/м}^2$), высокого напора больше 6 кгс/см^2 ($0,6 \text{ МН/м}^2$)];

3) способу подвода воды к рабочему колесу [с односторонним входом воды на рабочее колесо, с двусторонним входом воды (двойного всасывания)];

4) расположению вала (горизонтальные, вертикальные);

5) способу разъема корпуса (с горизонтальным разъемом корпуса, с вертикальным разъемом корпуса);

6) способу отвода жидкости из рабочего колеса в спиральный канал корпуса (спиральные и турбинные). В спиральных насосах жидкость отводится непосредственно в спиральный канал; в турбинных жидкость, прежде чем попасть в спиральный канал, проходит через специальное устройство – направляющий аппарат (неподвижное колесо с лопатками);

7) степени быстроходности рабочего колеса (тихоходные, нормальные, быстроходные);

8) роду перекачиваемой жидкости (водопроводные, канализационные, кислотные и щелочные, нефтяные, землесосные и др.);

9) способу соединения с двигателем [приводные (с редуктором или со шкивом), непосредственного соединения с электродвигателем с помощью муфт]. Насосы со шкивным приводом встречаются в настоящее время редко.

Теоретическая производительность центробежного насоса

Впервые основное уравнение центробежных насосов было выведено членом Петербургской академии наук знаменитым математиком и механиком Л. Эйлером.

В центробежных насосах жидкость подводится к лопаткам рабочего колеса вдоль оси вала (рис. 48). При входе на лопатки происходит отклонение струй от

осевого направления к радиальному. Жидкость на лопатки поступает с абсолютной скоростью c_1 , а на внешней окружности рабочего колеса скорость ее достигает величины c_2 .

Частицы жидкости между лопатками рабочего колеса совершают сложное движение. Во-первых, они участвуют во вращении с окружной переносной

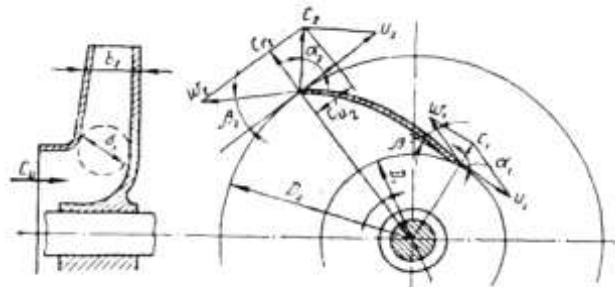


Рис. 48.

скоростью u и, во-вторых, перемещаются вдоль лопаток с относительной скоростью w .

Для упрощения принимают, что движение жидкости является струйным, и траектории движения каждой частицы повторяют очертания лопаток. Такое движение возможно было бы при бесконечно большом числе лопаток.

Абсолютная скорость движения жидкости равна геометрической сумме переносной (окружной) и относительной скоростей (параллелограмм скоростей на рис. 48)

$$\vec{c} = \vec{u} + \vec{w}. \quad (152)$$

Следует заметить, что окружная скорость $\vec{u}$ направлена по касательной к той окружности, на которой расположена частица, а относительная скорость $\vec{w}$ направлена по касательной к поверхности лопатки в данной точке.

Радиальная составляющая абсолютной скорости на ободу рабочего колеса равна

$$\vec{c}_r = \vec{c}_2 \cdot \sin \alpha, \quad (154)$$

а окружная составляющая

$$\vec{c}_u = \vec{c}_2 \cdot \cos \alpha, \quad (155)$$

где α – угол между направлением абсолютной скорости и касательной к окружности; r – индекс, обозначающий «радиальная»; u – индекс, обозначающий «окружная».

Индексы «1» и «2» приняты для обозначения величин соответственно на входе в рабочее колесо и на выходе из него.

Окружная скорость рабочего колеса на выходе

$$u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60},$$

где D_2 – диаметр рабочего колеса, м; n – число оборотов в минуту.

Радиальную составляющую абсолютной скорости можно определить исходя из уравнения неразрывности потока

$$c_{r2} = \frac{Q_m}{\omega} = \frac{Q_m}{\pi D_2 b_2 \psi}, \quad (156)$$

где Q_m – теоретический расход жидкости, проходящий через колесо, м³/сек; ω – живое сечение на выходе из колеса, м²; b_2 – ширина рабочего колеса на выходе, м; ψ – коэффициент стеснения потока лопатками на выходе; его значение для малых насосов принимают равным 0,9 и для больших – 0,95.

Аналогично можно определить величины абсолютной скорости, окружной скорости, угол между направлением относительной скорости и касательной на входе в рабочее колесо. Абсолютная скорость на входе зависит от конструктивных особенностей рабочего колеса; для большинства насосов угол входа при оптимальном режиме назначается равным 90° с таким расчетом, чтобы избежать гидравлического удара; тогда окружная скорость на входе $c_{u1} = 0$ (радиальный вход).

Коэффициент стеснения струи на входе по лабораторным исследованиям можно принять для малых насосов равным 0,75, для больших – 0,83.

В целях предотвращения гидравлического удара при поступлении жидкости на рабочее колесо необходимо, чтобы скорость ее не изменялась ни по величине, ни по направлению, т. е. направление относительной скорости при входе должно совпадать с направлением изгиба тела лопатки. Практика и опыт показывают, что при небольшом отклонении угла до 7-8° поток от лопаток не отрывается и поэтому гидравлические потери на удар можно принимать равными нулю. А это позволяет лопатки рабочего колеса у входа выполнять несколько круче, чем из условия безударного входа. Кроме того, входную кромку лопаток округляют.

После рассмотрения предварительных данных можно перейти к выводу основного уравнения центробежного насоса.

Выше было принято, что рабочее колесо имеет бесконечно большое число лопаток, и работа происходит без гидравлических потерь; это позволяет считать, что весь поток в колесе состоит из одинаковых элементарных струек, имеющих форму межлопаточного пространства колеса, и что скорости во всех точках цилиндрической поверхности данного радиуса одинаковы.

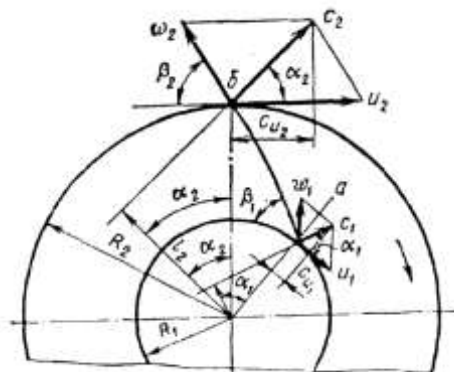


Рис. 49.

Как известно, работа на перемещение жидкости равна

$$A = \gamma Q_m H_m,$$

где γ – объемный вес жидкости; Q_m – теоретическая производительность; H_m –

теоретический напор.

Используем уравнение моментов количества движения, которое для установившегося потока можно сформулировать так: изменение момента количества движения массы жидкости, протекающей в единицу времени при переходе от одного сечения к другому, равно моменту внешних сил, приложенных к потоку между этими сечениями. Относя положение к центробежному насосу, можно отметить, что внешние силы прикладываются к потоку под действием лопаток рабочего колеса. За 1 сек через каналы рабочего колеса протекает объем жидкости, численно равный перекачиваемому секунднему расходу Q_m ; его масса равна

$$m = \rho Q_m = (\gamma/g) Q_m.$$

Момент количества движения потока при радиусе R_1 у входа в рабочее колесо (рис. 49) равен

$$M_1 = (\gamma/g) Q_m c_1 l_1. \quad (157)$$

Здесь l_1 – длина перпендикуляра, опущенного из центра колеса на направление скорости c_1 .

Соответственно, момент количества движения потока у выхода из колеса при радиусе R_2

$$M_2 = (\gamma/g) Q_m c_2 l_2. \quad (158)$$

Таким образом, изменение момента количества движения жидкости, протекающей через колесо за 1 сек, равно

$$M = M_2 - M_1 = M_1 = (\gamma/g) Q_m (c_2 l_2 - c_1 l_1).$$

Согласно рис. 49

$$l_2 = R_2 \cos \alpha_2 \text{ и } l_1 = R_1 \cos \alpha_1.$$

Подставляя эти значения в предыдущее выражение, имеем

$$M = (\gamma/g) Q_m (c_2 R_2 \cos \alpha_2 - c_1 R_1 \cos \alpha_1).$$

Умножая обе части уравнения на угловую скорость ω , получим

$$M\omega = (\gamma/g) Q_m \omega (c_2 R_2 \cos \alpha_2 - c_1 R_1 \cos \alpha_1), \quad (a)$$

где $M\omega$ – мощность, затраченная на передачу энергии жидкости.

Поток с расходом Q_m переносит в секунду γQ_m жидкости; если при этом жидкость обладает напором H_m , то поток обладает мощностью

$$N = (\gamma/g) Q_m H_m. \quad (б)$$

Следовательно, можно записать

$$M\omega = (\gamma/g) Q_m H_m.$$

Учитывая, что $R_1 \omega = u_1$ и $R_2 \omega = u_2$ из выражений (a) и (б), получим

$$Q_m H_m \gamma = (\gamma/g) Q_m (u_2 c_2 \cos \alpha_2 - u_1 c_1 \cos \alpha_1).$$

Поделим обе части уравнения на γQ_m и получим основное уравнение теоретического напора

$$H_m = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2 - u_1 c_1 \cos \alpha_1}{g}. \quad (159)$$

Так как $c_2 \cos \alpha_2 = c_{u2}$ и $c_1 \cos \alpha_1 = c_{u1}$ (проекции скоростей), основное уравнение

можно написать в следующем виде:

$$H = \frac{u_2 c_{u2} - u_1 c_{u1}}{g}. \quad (160)$$

Тангенциальная проекция абсолютной скорости c_{u1} представляет собой скорость закручивания потока до поступления его в рабочее колесо. В современных насосах обеспечивается вход на колесо без предварительного закручивания (радиальный вход). Тогда тангенциальная скорость на входе равна нулю и

$$H_m = u_2 c_{u2} / g. \quad (161)$$

Уравнение (161) показывает, что напор насоса пропорционален окружной скорости (т. е. числу оборотов и диаметру рабочего колеса) и проекции абсолютной скорости c_{u2} на окружную скорость, т. е. напор тем больше, чем меньше угол α_2 и чем больше угол β_2 (см. рис. 49). Фактически создаваемый насосом напор меньше теоретического, так как часть энергии расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений внутри насоса, а также вследствие того, что не все частицы жидкости совершают движение вдоль лопаток, а это вызывает уменьшение абсолютной скорости.

Чтобы учесть конечное число лопаток рабочего колеса и соответственно величину проекции абсолютной скорости на выходе, вводится поправочный коэффициент K . Исходя из изложенного, уравнение для полного напора при конечном числе лопаток можно написать в виде

$$H = K \eta \frac{u_2 c_{u2}}{g}, \quad (162)$$

где K — коэффициент, учитывающий конечное число лопаток; η — гидравлический к. п. д., зависящий от конструкции насоса и его размеров и принимающий значения 0,8-0,95.

Практически принимают $\alpha_2 = 8-14^\circ$ и $c_{u2} = 1,5-4 \text{ м/сек}$. Принять $\alpha_2 = 0$ нельзя, так как тогда радиальная скорость на выходе будет равна нулю, и насос не будет подавать жидкость.

Для определения значения K можно привести одну из формул, полученную академиком Г. Ф. Проскура

$$k = \frac{1}{1 + \frac{3,6}{z} \cdot \frac{\sin \beta_2}{1 - (R_1/R_2)^2}}, \quad (163)$$

где z — число лопаток.

Обычно $z = 6-12$, тогда K получается равным 0,75-0,9.

При приближенных расчетах для определения напора в метрах водяного столба (м вод. ст.) можно пользоваться следующим уравнением:

$$H = \alpha \frac{u_2^2}{g}, \quad (164)$$

где α — коэффициент напора, принимаемый для насосов турбинного типа, т. е. с направляющим аппаратом, $\alpha = 0,45-0,55$, для спиральных насосов $\alpha = 0,35-0,5$; u_2 — окружная скорость на внешней окружности рабочего колеса,

м/сек. Теоретическую производительность рабочего колеса насоса можно вычислить по формуле

$$Q_m = \omega c_{r2}, \quad (165)$$

где ω — площадь живого сечения потока на выходе из колеса, м²; c_{r2} — средняя радиальная скорость жидкости, м/сек.

Для центробежных насосов площадь живого сечения рабочего колеса (без учета стеснения его лопатками и утечек через неплотности) определяют как боковую поверхность цилиндра с диаметром, равным внешнему диаметру колеса D_2 и высотой, равной ширине колеса b_2 . Таким образом,

$$\omega = \pi D_2 b_2, \quad c_{r2} = c_2 \sin \alpha. \quad (166)$$

При бесконечно большом числе лопаток радиальная скорость может быть принята одинаковой во всех точках цилиндрической поверхности данного радиуса, а отсюда средняя скорость в уравнении расхода равна радиальной скорости на выходе, т. е. $c_2 = c_{r2}$.

Итак, теоретическая производительность равна:

для выходного сечения

$$Q_m = \pi D_2 b_2 c_2, \quad (167)$$

(без учета стеснения и утечек через неплотности);
для входного сечения

$$Q_m = \pi D_1 b_1 c_1; \quad (168)$$

полезная производительность

$$Q = Q_m \eta_0, \quad (169)$$

где η_0 — объемный к. п. д. насоса.

Характеристики центробежных насосов

Напором насоса H называется приращение удельной энергии жидкости при движении жидкости через насос. Напор измеряют метрами столба подаваемой жидкости.

для определения приращения удельной энергии (напора) рассмотрим работу насоса по перекачке жидкости из резервуара A в резервуар B (рис. 50).

За плоскость сравнения примем свободную поверхность жидкости в резервуаре A , тогда удельная энергия ее при входе в насос определится по формуле

$$E_1 = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1,$$

где v_1 — скорость жидкости при входе в насос, м/сек; p_1 — абсолютное давление жидкости в месте входа ее в насос, кгс/м²; γ — удельный вес жидкости,

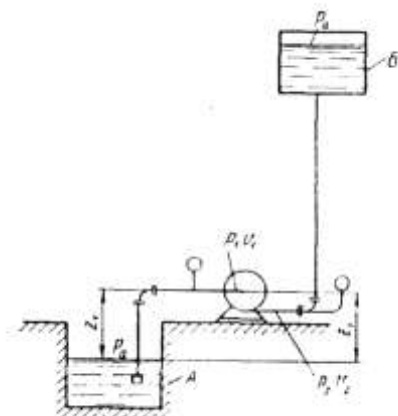


Рис. 50.

кгс/м³; z_1 — расстояние по вертикали от места измерения давления до уровня жидкости в резервуаре А.

Удельная энергия жидкости при выходе из насоса (в напорном патрубке) равна

$$E_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_1,$$

где v_2 — скорость в напорном патрубке, м/сек; p_2 — абсолютное давление в напорном патрубке при выходе из насоса, кгс/м².

Итак, приращение удельной энергии или полный напор можно определить по формуле

$$H = E_2 - E_1 = E_1 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \frac{p_2 - p_1}{\gamma}. \quad (170)$$

Разрежение на входе в насос измеряется вакуумметром, обычно в кгс/см² (или в мм рт. ст.). В пересчете на м вод. ст. данной жидкости абсолютное давление на входе в насос равно

$$p_1/\gamma = [(p_A - p_B)/\gamma] \cdot 10000, \quad (171)$$

где p_A — атмосферное давление, кгс/см²; p_B — показания вакуумметра, кгс/см²; 10 000 — переводный множитель (1 кгс/см² = 10 000 кгс/м²).

Давление на выходе из насоса p_2 измеряется манометром, поэтому абсолютное давление на выходе равно

$$p_2/\gamma = [(p_A - p_M)/\gamma] \cdot 10000, \quad (172)$$

где p_M — показание манометра, кгс/см².

Подставляя полученные значения p_1 и p_2 в уравнение напора (170), получим

$$H = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \frac{p_M - p_B}{\gamma} \cdot 10000$$

Для воды $\gamma = 1000$ кгс/м³, тогда

$$H = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + 10p_M + 10p_B$$

или

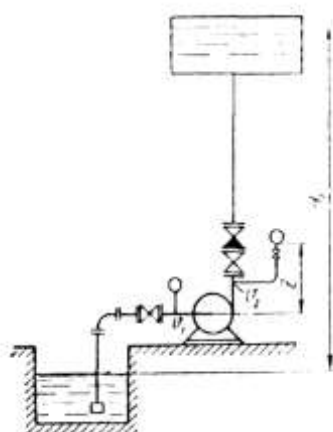


Рис.51.

$$H = M + W + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}, \quad (172)$$

где M и W – соответственно показания манометра и вакуумметра в метрах столба жидкости, приведенные к оси насоса.

При вычислении полного напора насоса следует учитывать расстояние по вертикали между точкой присоединения вакуумметра и осью стрелки манометра.

Например, для установки, показанной на рис. 51, напор насоса выразится следующим уравнением:

$$H = M + W + Z + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}, \quad (173)$$

а для установки, показанной на рис. 52,

$$H = M - Z_1 - W - Z_2 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}. \quad (174)$$

Чтобы определить потребный напор насоса для вновь проектируемой установки, пользуются следующим уравнением:

$$H = H_{г.в.} + H_{г.н.} + h_{п.в.} + h_{п.н.}, \quad (175)$$

где $H_{г.в.}$ – геометрическая высота всасывания, м;
 $H_{г.н.}$ – геометрическая высота нагнетания, м; $h_{п.в.}$ –
 потери напора во всасывающем трубопроводе, м;
 $h_{п.н.}$ – потери напора в нагнетательном трубопроводе,
 м.

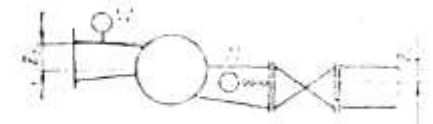


Рис.52

Рекомендуемая литература

1. ГОСТ 12.1.004. Пожарная безопасность. Общие требования.
2. Климушин Н.Г., Новиков В.Н. Противопожарная защита зданий повышенной этажности. - М.: Стройиздат, 1979. - 142 с.
3. Для расчета потребного напора / Даниленко А., Артемьев Н., Теребнев В., Чирко В. - Пожарное дело, 1985, Ме 9, с. 23.
4. Климушин Н.Г., Кононов В.М. Тушение пожаров в зданиях повышенной этажности. - М.: Стройиздат, 1983. - 104 с.
5. Программа подготовки личного состава частей и гарнизонов пожарной охраны. - М., 1980. - 174 с.