

Фам Х. Куанг (Вьетнам)

(Академия ГПС МЧС России; e-mail: huyquang10000@yahoo.com)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ПРИЁМО-РАЗДАТОЧНЫХ ПАТРУБКОВ НА КРИТИЧЕСКИЙ НАПОР ГОРЮЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ПРОЦЕССЕ ЕЁ ОТКАЧКИ ИЗ РВС ПРИ ПОЖАРЕ

Приведены результаты лабораторных опытов по исследованию влияния конструкции приёмо-раздаточных патрубков на критический напор горючей жидкости при её откачке из горящего резервуара. Получены данные, которые позволяют разработать рекомендации по снижению минимально-допустимого уровня горючей жидкости при её откачке из горящих резервуаров.

Ключевые слова: способ откачки, насосы, тушение пожара, приёмо-раздаточный патрубок, минимально-допустимый уровень разлива.

Pham Huy Quang (Vietnam)

RESEARCH OF CONSTRUCTIONAL INFLUENCE OF RECEIVING AND DISTRIBUTING PIPE ON CRITICAL PRESSURE OF THE FLAMMABLE LIQUID IN THE PROCESS OF PUMPING OUT FROM THE BURNING TANKS IN CASE OF FIRE

The results of the laboratory experiments to research of constructional influence of receiving and distributing pipe on critical pressure in the process of pumping the liquid from the burning tank. The obtainable data allow us to develop recommendations for reducing the allowable minimum level of flammable liquid in pumping out from the burning tank.

Key words: method of pumping, pumps, firefighting, receiving and distributing pipe, allowable minimum level.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 1 декабря 2014 г.

Факторами, определяющими эффективность откачки нефти, нефтепродуктов и других легковоспламеняющихся и горючих жидкостей из горящих резервуаров, являются: продолжительность откачки, минимальный уровень разлива ЛВЖ или ГЖ в резервуаре после откачки и безопасность для людей при откачке. При разработке метода откачки нефти и нефтепродуктов из горящих резервуаров следует исходить из условия их откачки до минимально возможного уровня, который зависит, в основном, от критического напора, соответствующего началу появления воронки при откачке.

Для проверки критического напора была изготовлена лабораторная установка на кафедре ПБТП в Институте Противопожарной Безопасности МОБ Вьетнама и проведены лабораторные опыты по откачке жидкости (воды) через боковые патрубки резервуара различной конструкции без избыточного давления над свободной поверхностью жидкости.

Основными элементами экспериментальной установки (рис. 1) являются:

- экспериментальный резервуар, геометрически подобный РВС-1000;
- насос для откачки жидкости с прибором для измерения его производительности;
- приёмо-раздаточные патрубки различной конструкции;
- приспособления для измерения уровня взлива и расхода жидкости через приёмо-раздаточный патрубок.

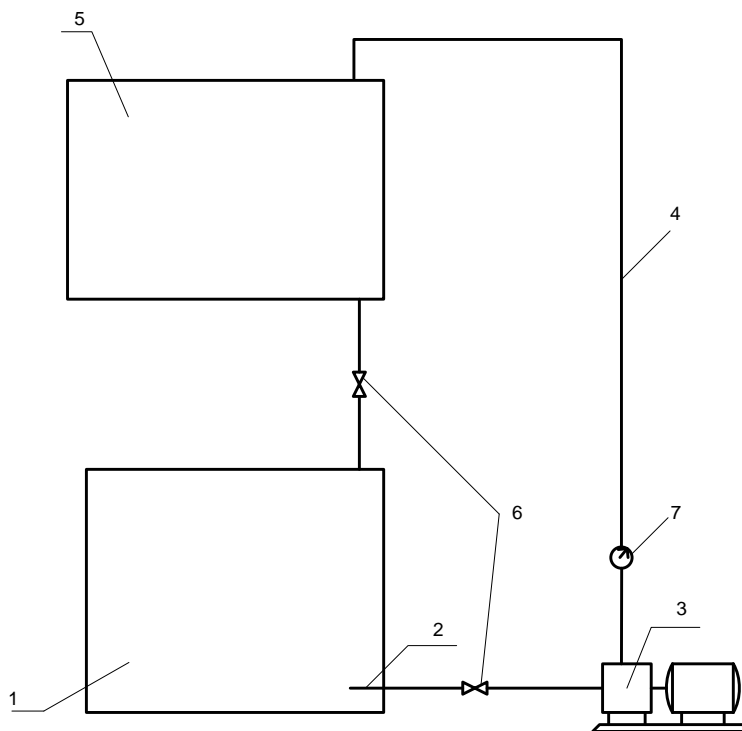


Рис. 1. Схема лабораторной установки для исследования критического напора при откачке жидкости:
 1 – резервуар; 2 – приёмо-раздаточный патрубок; 3 – насос;
 4 – трубопроводная обвязка; 5 – емкость; 6 – задвижки; 7 – расходомер

Резервуар представляет собой стальную вертикальную цилиндрическую ёмкость толщиной 3 мм. Масштаб *модельного резервуара (МР)* равен 1:9 от промышленного резервуара РВС-1000. Геометрические размеры промышленного резервуара РВС-1000 и МР представлены в табл. 1.

Таблица 1

Геометрические размеры резервуаров

№ п/п	Геометрические размеры	РВС-1000	Модельный резервуар
1	Диаметр, м	12	1,3
2	Высота, м	9	1
3	Площадь днища, м ²	113,4	1,4
4	Объём, м ³	1000	1,4
5	Диаметр патрубка, м ²	0,15	0,017
6	Площадь сечение патрубка, м ²	0,017	0,0002
7	Масштаб резервуара	1:1	1:9

На стенке резервуара, с наружной стороны, установлена стеклянная мерная трубка, на которой отмечена шкала, которая позволяет наблюдать уровни взлива жидкости в резервуаре и затем записывать результаты в таблицу. На стенке резервуара с внутренней стороны установлена линейка для проверки показаний уровней взлива и сравнения с уровнями взлива, фиксируемыми по мерной трубке.

В нижней части стенки резервуара установлен приёмо-раздаточный патрубок на расстоянии 6 см от его днища до центра патрубка, который представляет собой полиэтиленовый патрубок с внутренним диаметром 2 см. На патрубке за насосом установлен расходомер. Производительность насоса изменяется путем изменения частоты вращения потока с использованием частотного преобразователя.

Для исследования влияния формы **приёмо-раздаточных патрубков (ПРП)**, расположенных внутри резервуара, на воронкообразование и кавитацию были специально изготовлены приёмо-раздаточные патрубки следующих форм (рис. 2):

- патрубок прямой длиной 35 см диаметром 20 мм со срезом 31° и с отверстиями диаметром 5 мм, находящимися в нижней части патрубка (рис. 2.1);

- патрубок прямой длиной 35 см диаметром 20 мм со срезом 31° и с отверстиями диаметром 3 мм, находящимися в верхней части патрубка (рис. 2.2);

- патрубок длиной 35 см с конфузуром, затем патрубком увеличенного сечения (диаметром 30 мм) со срезом 31° , повернутым вниз, и с отверстиями диаметром 3 мм, находящимися в верхней части патрубка (рис. 2.3);

- патрубок длиной 35 см с конфузуром, затем патрубком увеличенного сечения (диаметром 30 мм) со срезом 31° , повернутым вниз, и с отверстиями диаметром 3 мм, находящимися в нижней части патрубка (рис. 2.4);

- патрубок общей длиной 35 см с конфузуром, затем патрубком увеличенного сечения (диаметром 30 мм) со срезом 31° , повернутым вверх, и с отверстиями диаметром 5 мм, находящимися в верхней части патрубка (рис. 2.5);

- патрубок общей длиной 35 см с конфузуром, затем патрубком увеличенного сечения (диаметром 30 мм), диффузором, патрубком диаметром 20 мм со срезом 31° , повернутым вверх, и с отверстиями диаметром 3 мм, находящимися в верхней части патрубка (рис. 2.6);

- патрубок общей длиной 35 см с конфузуром, затем патрубком увеличенного сечения (диаметром 30 мм), диффузором, затем патрубком диаметром 20 мм со срезом 31° , повернутым вверх, и с отверстиями диаметром 5 мм, находящимися в верхней части патрубка (рис. 2.7);

- патрубок общей длиной 35 см с конфузуром, затем патрубком увеличенного сечения (диаметром 30 мм), диффузором, затем патрубком диаметром 20 мм со срезом 31° , повернутым вверх, и с отверстиями диаметром 5 мм, находящимися в нижней части патрубка (рис. 2.8);

- короткий патрубок длиной 15 мм диаметром 20 мм со срезом 60° с открытой хлопушкой (рис. 2.9).

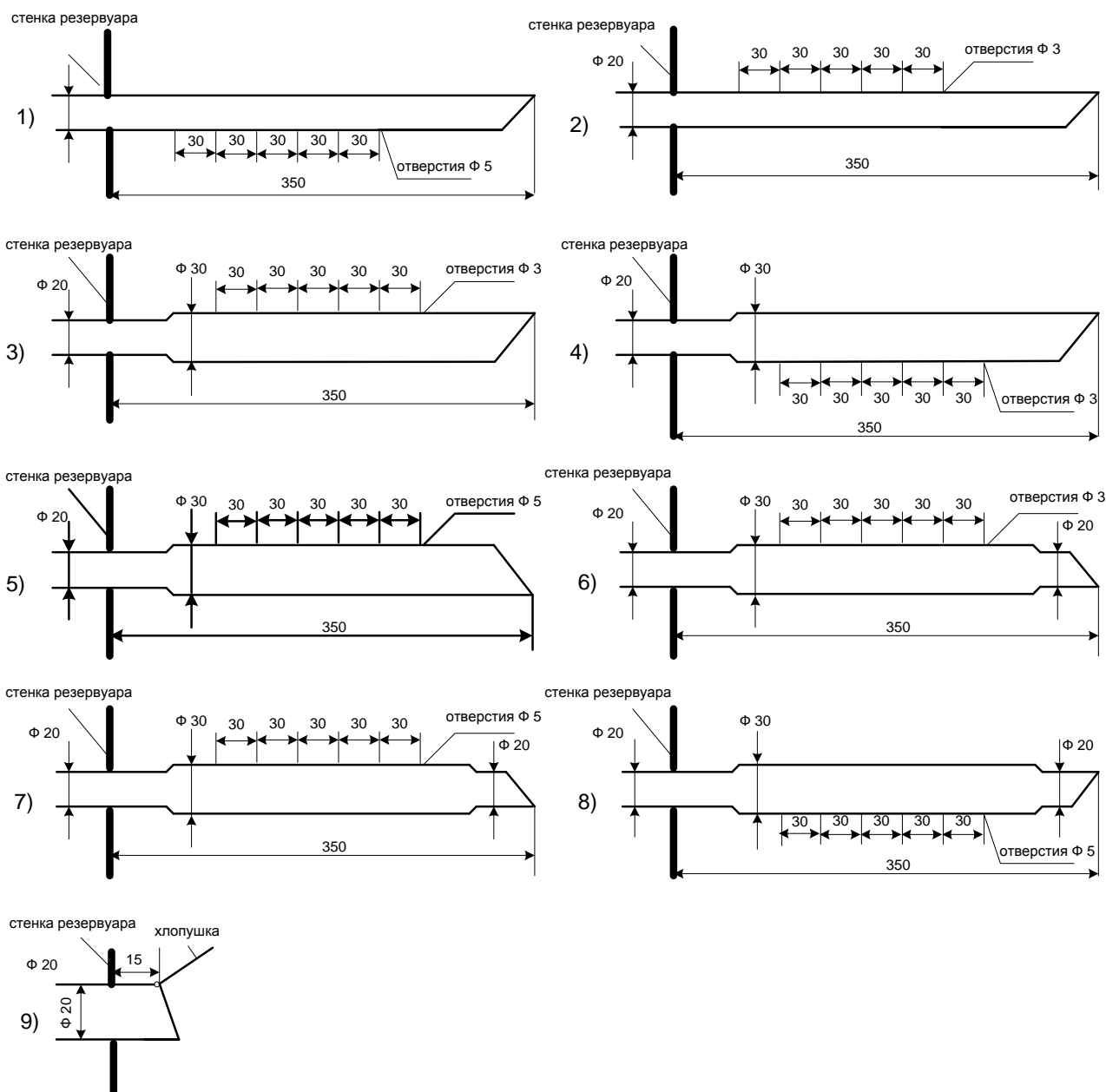


Рис. 2. Виды приёмо-раздаточных патрубков, через которые производилась откачка жидкости в опытах

Вязкость жидкости слабо влияет на процесс воронкообразования, поэтому опыты проводились на воде. На изготовленной лабораторной установке были проведены опыты по откачке воды из резервуара через указанные ПРП.

По результатам опытов по откачке жидкости построен график зависимости критической высоты вслива от числа Фруда $\frac{H_{кр}}{d} = f(Fr)$ для патрубков различных конструкций (рис. 3). Из графика видно, что при откачке через короткий патрубок с хлопушкой (ПРП 9), который установлен на большинстве РВС, минимальный уровень вслива $H_{кр}$ выше, чем минимальный уровень вслива при откачке через другие патрубки.

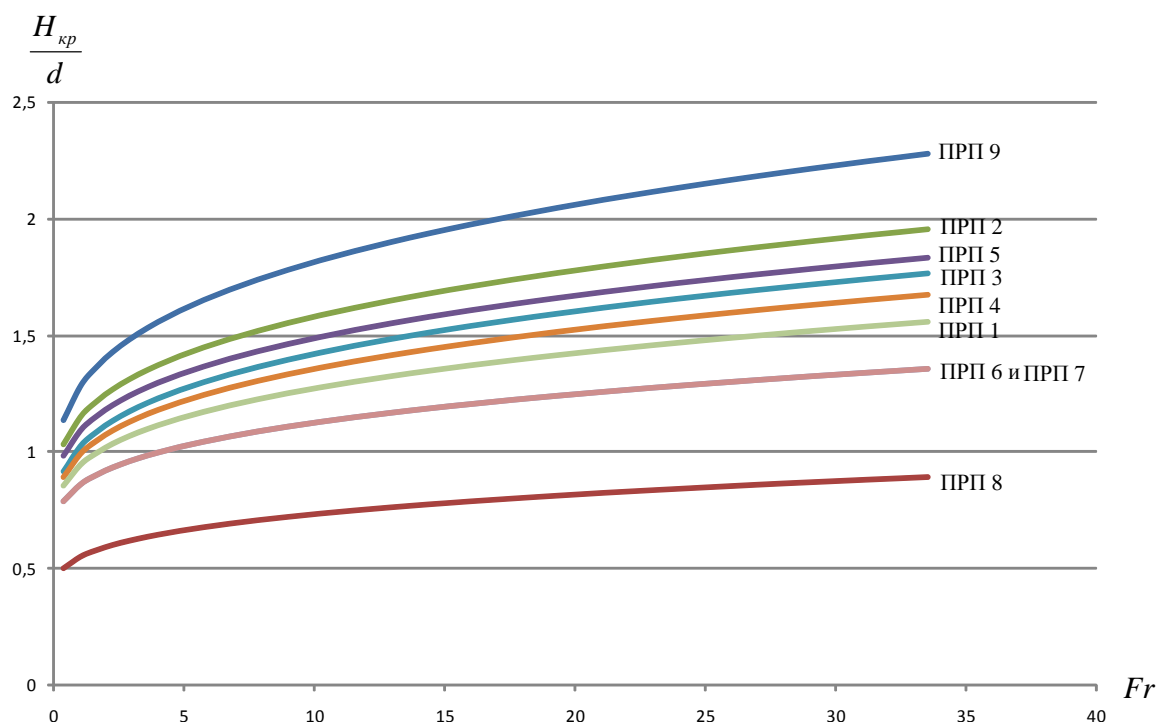


Рис. 3. Зависимость критической высоты вслива от числа Фруда для патрубков различных конструкций при откачке

Как показали исследования [2, 5, 6], основное влияние на критический напор оказывают числа Фруда и Рейнольдса:

$$\bar{H}_{кр} = \frac{H_{кр}}{d} = f(\text{Fr}, \text{Re}), \quad (1)$$

где $\text{Fr} = \frac{v^2}{gd}$ — число Фруда;

$\text{Re} = \frac{vd}{\nu}$ — число Рейнольдса;

v — скорость жидкости, м/с;

ν — кинематическая вязкость жидкости, м²/с;

g — ускорение свободного падения, м/с²;

d — диаметр приёмо-раздаточного патрубка, м.

Обработка результатов опытов позволила получить эмпирические формулы для определения критического напора при откачке через ПРП рассмотренных конструкций:

- для ПРП 1

$$\frac{H_{кр}}{d} = \left(0,5 + 0,36 \text{Fr}^{0,3} \frac{1}{\sqrt{\lg \text{Re}}} \right) 1,0 K_3; \quad (2)$$

- для ПРП 2

$$\frac{H_{кр}}{d} = \left(0,5 + 0,41 Fr^{0,3} \frac{1}{\sqrt{\lg Re}} \right) 1,16 K_3; \quad (3)$$

- для ПРП 3

$$\frac{H_{кр}}{d} = \left(0,45 + 0,39 Fr^{0,3} \frac{1}{\sqrt{\lg Re}} \right) 1,12 K_3; \quad (4)$$

- для ПРП 4

$$\frac{H_{кр}}{d} = \left(0,45 + 0,36 Fr^{0,3} \frac{1}{\sqrt{\lg Re}} \right) 1,12 K_3; \quad (5)$$

- для ПРП 5

$$\frac{H_{кр}}{d} = \left(0,5 + 0,39 Fr^{0,3} \frac{1}{\sqrt{\lg Re}} \right) 1,12 K_3; \quad (6)$$

- для ПРП 6

$$\frac{H_{кр}}{d} = \left(0,45 + 0,27 Fr^{0,3} \frac{1}{\sqrt{\lg Re}} \right) 1,08 K_3; \quad (7)$$

- для ПРП 7

$$\frac{H_{кр}}{d} = \left(0,45 + 0,27 Fr^{0,3} \frac{1}{\sqrt{\lg Re}} \right) 1,08 K_3; \quad (8)$$

- для ПРП 8

$$\frac{H_{кр}}{d} = \left(0,3 + 0,2 Fr^{0,3} \frac{1}{\sqrt{\lg Re}} \right) 1,0 K_3; \quad (9)$$

- для ПРП 9

$$\frac{H_{кр}}{d} = \left(0,5 + 0,49 Fr^{0,3} \frac{1}{\sqrt{\lg Re}} \right) 1,2 K_3, \quad (10)$$

где K_3 – коэффициент запаса, учитывающий нестационарность формы вихревой воронки ($K_3 = 1,2$ [2]).

Результаты обработки опытных данных показали, что минимальный уровень взлива при откачке прямо пропорционален числу Фруда для всех конструкций патрубков.

Расчёты, выполненные по этим формулам, показали, что самый минимальный уровень взлива получен при установке на резервуар ПРП 8 (рис. 2.8). Эта конструкция, позволяющая максимально снизить величину минимального уровня взлива при откачке в случае возникновения пожара, предложена для применения в резервуарах типа РВС.

Литература

1. **Клубань В.С., Фам Х. Куанг.** О безопасной откачке нефти и нефтепродуктов из горящих резервуаров // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. 5 (51). 2013. 5 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
2. **Беркутов И.С.** Исследование условий прорыва газозвушной смеси в боковой патрубков резервуара // НТС "Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов". № 8. 1980. С. 18-20.
3. **Клубань В.С., Фам Х. Куанг.** Откачка нефти из горящих резервуаров – один из эффективных способов локализации пожаров в резервуарных парках // Матер. 3-й междунар. науч.-техн. конф. "Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации". М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. С. 30-33.
4. **Клубань В.С., Фам Х. Куанг, Юрьев В.И., Тхюй В.В.** Организационно-технические мероприятия, обеспечивающие откачку нефти и нефтепродуктов из горящего открытым пламенем резервуара // Матер. 3-й междунар. науч.-техн. конф. "Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации". М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. С. 90-93.