

*Ю.В. Хилько, преподаватель, НУГЗУ,
А.А. Лисняк, к.т.н., доцент, нач. каф., НУГЗУ,
В.В. Тригуб, к.т.н., доцент, НУГЗУ*

НОМОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЁТА СИЛ И СРЕДСТВ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРАХ

(представлено д-ром техн. наук Басмановым А.Е.)

Разработана методика построения номограммы для расчета сил и средств тушения пожаров в резервуаре на начальном этапе. Приведены номограммы для определения предельного расстояния позиции ствольщика при подаче воды на защиту резервуаров.

Ключевые слова: номограмма, пожар в резервуаре, пожарный ствол, охлаждение, стенки, методика.

Постановка проблемы. Ущерб от пожара в резервуарном парке во многом определяется тем, насколько быстро удастся его локализовать и не допустить его дальнейшего распространения. Так как первоочередной задачей пожарно-спасательных подразделений при тушении пожаров в резервуаре вертикальном стальном (РВС) является охлаждение горящего и соседних с ним резервуаров, то существует достаточно большое многообразие вариантов размещения пожарных лафетных стволов (ПЛС) или ручных стволов (РС) и ограниченный набор оперативных задач для них [1-4]. Не все они равноценны, поэтому из этого многообразия необходимо выбрать вариант охлаждения, не допускающий превышения температурой резервуара такого значения, при котором сухая стена теряет свою прочность (для горящего резервуара), или достижения ею температуры самовоспламенения нефтепродукта (для не горящего резервуара). Одной из проблем при этом является обеспечение высокой эффективности при проведении подготовительных операций.

Анализ последних исследований и публикаций. Планирование оперативных действий пожарно-спасательных подразделений при тушении пожаров в резервуарах обеспечивается при разработке оперативных документов пожаротушения. Высокая эффективность применения оперативных документов обеспечивается при совпадении произошедшей ситуации с рассматриваемой в документе, в противном случае требуется проведение дополнительных аналитических расчётов [2]. В действительности при пожаре в резервуаре через 3-5 мин. происходит «обволакивание» пламенем свободного борта резервуара и он теряет свою несущую способность, т.е. появляются визуально определяемые деформации из-за прогрева конструкции [2-3]. Если своевременно на охлаждение стенок горящего резервуара не подается вода с требуемой интенсивностью, то через 20-25 мин.

от начала пожара стенка металлического резервуара (выше уровня горячей жидкости) деформируется (свертывается) до такой степени, что образуются «карманы» и горячая жидкость может переливаться в обвалование [5-7]. Поэтому задачей ствольщиков на оперативных участках при охлаждении стенок резервуаров, является подача водяных стволов для охлаждения горящего и соседних с ним резервуаров, защиты дыхательной и другой арматуры соседних резервуаров с интенсивностью на каждом метре стенки резервуара не менее требуемой [2].

Постановка задачи и её решение. Целью работы является создание номограмм, позволяющих оперативно определить требуемые показатели для планирования оперативных действий пожарно-спасательных подразделений при тушении пожаров в резервуарах на первоначальном этапе. Как показывает практика тушения пожаров в резервуарах, на состояние стенок горящего резервуара влияние оказывает не только величина интенсивности подачи огнетушащих средств (воды) на охлаждение, но и типы стволов, которые используются для охлаждения. При тушении пожаров в резервуарах с темными нефтепродуктами или в обваловании личный состав, работающий с пожарными стволами, располагается за обвалованием и, следовательно, ему сложно обеспечить требуемую интенсивность подачи воды на охлаждение горящего резервуара [5, 6]. При этом для повышения эффективности охлаждения стенки резервуара необходимо правильное размещение позиций ствольщиков с учётом радиуса струи воды (компактной и распыленной) из пожарного ствола.

Требуемая интенсивность ($J_B^{охл}$) подачи воды на охлаждение одного погонного метра стенки (по окружности) горящего резервуара (от передвижной пожарной техники) равна 0,8 л/(с·м). А требуемая интенсивность ($J_B^{охл.сос}$) подачи воды на охлаждение одного погонного метра стенки соседнего резервуара (от передвижной пожарной техники) равна 0,3 л/(с·м) [2-4].

Требуемое количество стволов для охлаждения стального вертикального резервуара передвижной пожарной техникой:

$$N_{ств.}^{охл.г} = \frac{P \cdot J_B^{охл}}{q_{ств}} = \frac{\pi \cdot D_{рез} \cdot J_B^{охл}}{q_{ств}}, \quad (1)$$

где P – периметр по окружности горящего (соседнего) резервуара, м; D – диаметр горящего или соседнего резервуара, м; $q_{ств}$ – расход воды от ствола, л/с.

Требуемый расход воды для охлаждения стенки горящего резервуара

$$Q_B^{охл.г} = q_{ств} \cdot n_{ств}, \text{ л/с.} \quad (2)$$

Общий запас воды для охлаждения стенки горящего резервуара в течение $n_{\text{ч}}$ часов

$$W_{\text{в}}^{\text{охл.г}} = Q_{\text{в}}^{\text{охл.г}} \cdot n_{\text{ч}} \cdot 3600, \text{м}^3. \quad (3)$$

Требуемое количество отделений для охлаждения стенки горящего резервуара:

$$N_{\text{отд}} = \frac{N_{\text{ств}}^{\text{охл.г}}}{N_{\text{ств.отд}}}, \quad (4)$$

где $N_{\text{ств.отд}}$ – количество стволов, которое способно подать отделение на пожарном автомобиле.

Методика построения номограммы. Для построения координатной сетки квадрантов необходимо обозначить оси: объема воды ($W_{\text{в}}$), размеченной с шагом 350 м^3 , расхода воды ($Q_{\text{в}}$) – с шагом 50 л/с , интенсивности подачи воды на охлаждение ($J_{\text{в}}^{\text{охл}}$) – с шагом $0,25 \text{ л/с} \cdot \text{м}$, предельного расстояния позиции ствольщика ($L_{\text{пред}}$) – с шагом 10 м , количества отделений, необходимых для обеспечения подачи воды на охлаждение, ($N_{\text{отд}}$) – с шагом 2 отд. , количество пожарных стволов ($N_{\text{ств}}$) – с шагом 2 ед. и типа насадка пожарного ствола ($D_{\text{нас}}$) (рис. 1, 2).

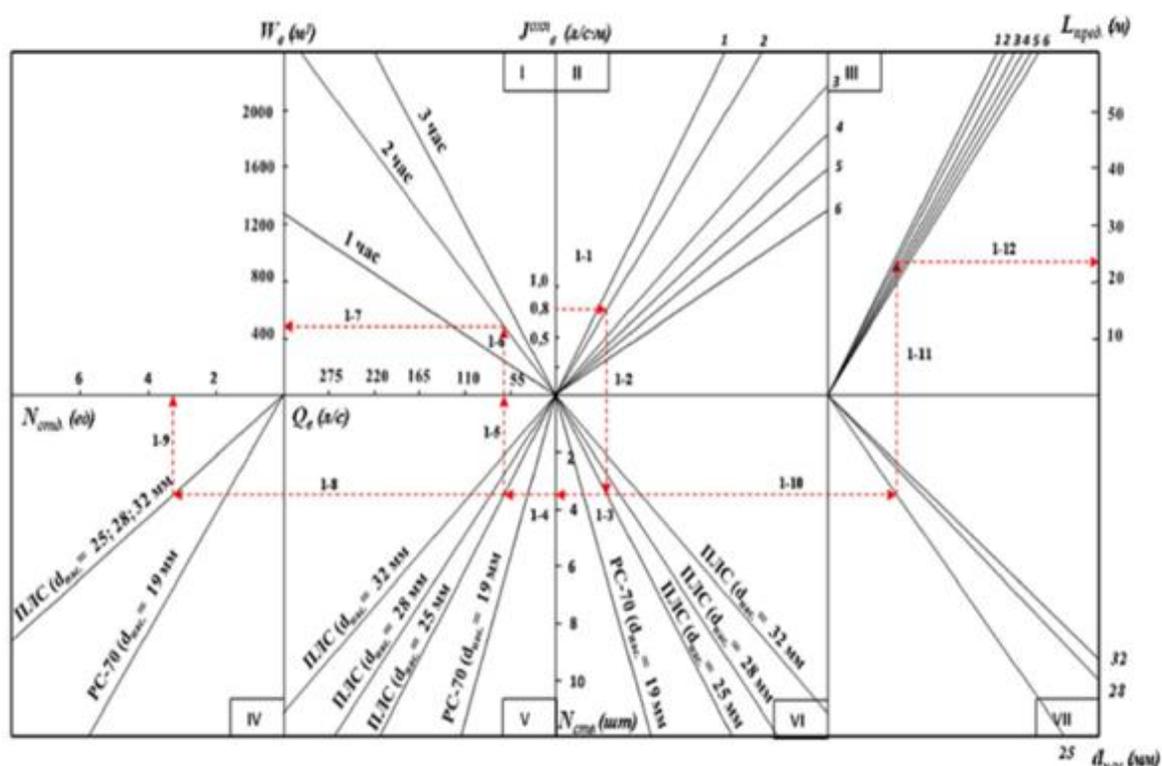


Рис. 1. Номограмма расчёта сил и средств для тушения пожара в резервуаре на начальном этапе (компактная струя): 1 – РВС-3000 ($D_{\text{рез}} = 19 \text{ м}$); 2 – РВС-5000 ($D_{\text{рез}} = 23 \text{ м}$); 3 – РВС-10000 ($D_{\text{рез}} = 34 \text{ м}$); 4 – РВС-15000 ($D_{\text{рез}} = 40 \text{ м}$); 5 – РВС-20000 ($D_{\text{рез}} = 46 \text{ м}$); 6 – РВС-30000 ($D_{\text{рез}} = 56,5 \text{ м}$)

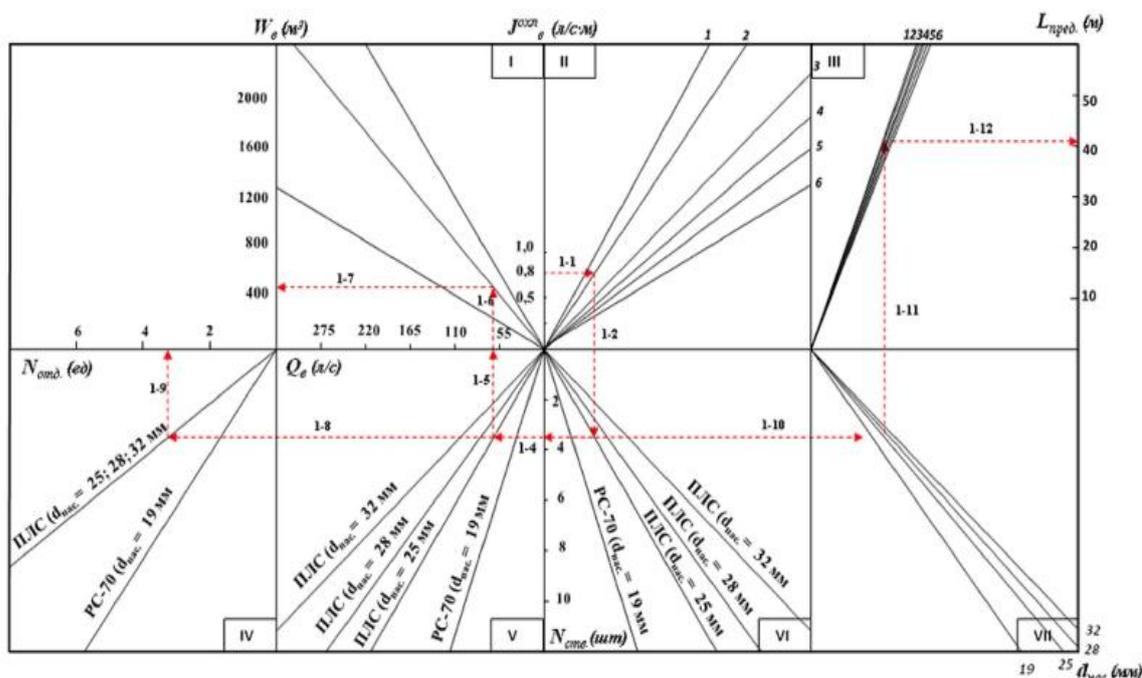


Рис. 2. Номограмма расчёта сил и средств для тушения пожара в резервуаре на начальном этапе (распылённая струя): 1 – РВС-3000 (Дрез = 19 м); 2 – РВС-5000 (Дрез = 23 м); 3 – РВС-10000 (Дрез = 34 м); 4 – РВС-15000 (Дрез = 40 м); 5 – РВС-20000 (Дрез = 46 м); 6 – РВС-30000 (Дрез = 56,5 м)

Для того, чтобы построить основные линии для I квадранта, необходимо из нулевой точки провести лучи, обозначающие время подачи лафетных пожарных стволов, под следующими углами: 28° – 1 час; 47° – 2 часа; 56° – 3 часа.

Для II квадранта необходимо из нулевой точки провести лучи, обозначающие тип резервуара, под следующими углами: 58° – РВС-3000 (1); 53° – РВС-5000 (2); 42° – РВС-10000 (3); 37° – РВС-15000 (4); 33° – РВС-20000(5); 28° – РВС-30000 (6).

Для III квадранта:

- при использовании компактной струи необходимо из нулевой точки провести лучи, обозначающие тип резервуара, под следующими углами: 58° – РВС-3000 (1); 57° – РВС-5000 (2); 55° – РВС-10000 (3); 54° – РВС-15000(4); 53° – РВС-20000 (5); 52° – РВС-30000 (6).

- при использовании раздробленной струи, необходимо из нулевой точки провести лучи, обозначающие тип резервуара, под следующими углами: 68,5° – РВС-3000 (1); 68° – РВС-5000 (2); 67,5° – РВС-10000 (3); 67° – РВС-15000 (4); 66,5° – РВС-20000 (5); 66° – РВС-30000 (6).

Для IV квадранта необходимо из нулевой точки провести лучи, обозначающие виды пожарного ствола, под следующими углами: 36° – ПЛС ($d_{\text{нас}} = 25, 28, 32 \text{ мм}$); 54° – РС-70 ($d_{\text{нас}} = 19 \text{ мм}$).

Для V и VI квадрантов необходимо из нулевой точки провести лучи, обозначающие виды пожарного ствола, под следующими углами: 43° – ПЛС ($d_{\text{нас}} = 32 \text{ мм}$); 51° – ПЛС ($d_{\text{нас}} = 28 \text{ мм}$); 57° – ПЛС ($d_{\text{нас}} = 25$

мм), 71° – РС-70 ($d_{\text{нас}} = 19$ мм).

Для VII квадранта:

- при использовании компактной струи необходимо из нулевой точки провести лучи, обозначающие виды пожарного ствола, под следующими углами: 38° – ПЛС ($d_{\text{нас}} = 32$ мм); 40° – ПЛС ($d_{\text{нас}} = 28$ мм); 49° – ПЛС ($d_{\text{нас}} = 25$ мм).

- при использовании раздробленной струи необходимо из нулевой точки провести лучи, обозначающие виды пожарного ствола, под следующими углами: 43° – ПЛС ($d_{\text{нас}} = 32$ мм); 45° – ПЛС ($d_{\text{нас}} = 28$ мм); 47° – ПЛС ($d_{\text{нас}} = 25$ мм); 52° – РС ($d_{\text{нас}} = 19$ мм).

Методика расчёта. Предположим, что горит бензин в РВС-5000. Нормативная интенсивность подачи воды на охлаждение стенки горящего резервуара $J_{\text{в}}^{\text{охл}} = 0,8$ л/(с·м). Для охлаждения стенки резервуара используются пожарные лафетные стволы [2]. Необходимо определить требуемое количество сил и средств на охлаждение горящего резервуара, расход воды и предельное расстояние позиции ствольщика относительно борта резервуара, а также объем воды, необходимый для его охлаждения в течение 1 часа, 2 часов, 3 часов и т.д.

Расчёт требуемого количества пожарных стволов для охлаждения горящего стального вертикального резервуара (по номограмме). По номограмме определяем требуемое количество сил и средств на охлаждение резервуара и предельное расстояние от позиции пожарного ствола относительно оси симметрии резервуара с обвалованием (последовательность расчёта показана на номограмме стрелками и цифрами) (рис. 1, 2).

Пути 1-1, 1-2, 1-3 позволяют определить необходимое количество пожарных стволов. По шкале $N_{\text{ств}}$ необходимо не менее 3,5 пожарных стволов (округлим до 4).

Пути 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5: можно определить требуемый расход воды – 58 л/(с·м).

Пути 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7 позволяют определить необходимый объём воды для охлаждения горящего резервуара в течение 2 часов. По шкале $W_{\text{в}}$ – 415 м³.

Пути 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-8, 1-9 – количество отделений, необходимых для обеспечения подачи воды на охлаждение. По шкале $N_{\text{отд}}$ – не менее 3,5 ед. (округляем до 4).

Пути 1-1, 1-2, 1-10, 1-11, 1-12 – позволяют определить предельное расстояние от позиции ствольщика до стенки (оси симметрии) резервуара с обвалованием ($L_{\text{пред}}$) – 23,3 м.

Расчёт требуемого количества пожарных стволов для охлаждения горящего стального вертикального резервуара (аналитический).

Определяем требуемое количество пожарных лафетных стволов для охлаждения горящего стального вертикального резервуара по формуле (1)

$$N_{\text{ств.}}^{\text{охл.г}} = \frac{P \cdot J_{\text{в}}^{\text{охл}}}{q_{\text{ств}}} = \frac{72 \cdot 0,8}{16,7} = \frac{57,6}{16,7} = 3,45 \approx 4.$$

Определяем требуемый расход воды для охлаждения стенки горящего резервуара по формуле (2):

$$Q_{\text{в}}^{\text{охл.г}} = q_{\text{ств}} \cdot n_{\text{ств}} = 16,7 \cdot 4 = 66,8 \text{ л/с.}$$

Определяем общий запас воды для охлаждения стенки горящего резервуара в течение 2 часов по формуле (3):

$$W_{\text{в}}^{\text{охл.г}} = Q_{\text{в}}^{\text{охл.г}} \cdot n_{\text{ч}} \cdot 3600 = 66,8 \cdot 2 \cdot 3600 = 480,96 \text{ м}^3.$$

Определяем требуемое количество отделений для охлаждения горящего резервуара по формуле (4):

$$N_{\text{отд}} = \frac{N_{\text{ств}}^{\text{охл.г}}}{N_{\text{ств.отд}}} \cdot 4 = 4.$$

Выводы. Сравнение результатов расчётов (аналитических и по номограмме) показывает высокую степень соответствия. Поэтому номограммы для расчёта сил и средств при охлаждении горящего и соседних с ним резервуаров с нефтепродуктами, позволяют без проведения математических расчётов определить требуемое количество пожарных стволов, отделений на охлаждение, расход воды, а также дают возможность определить предельное расстояние при размещении позиций ствольщиков при охлаждении (защите) резервуара, что до настоящего времени не рассчитывалось.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов В.А. Катастрофы и безопасность / В.А. Акимов, В.А. Владимиров, В.И. Исмаков. – М.: Деловой экспресс, 2006. – 392 с.
2. НАПБ 05.035-2004 Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами. Наказ МНС України від 16.02.2004 р. № 75.
3. ВБН В.2.2-58.1-94 «Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа».
4. ВБН В.2.2-58.2-94 «Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти та нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа».
5. Брушлинский Н.Н. Перспективы применения новых огнезащитных устройств на объектах нефтеперерабатывающей промышленности / Н.Н. Брушлинский, М.Х. Усманов, Ф. Шакиров и др. // Пожаровзрыво- Номограммы для расчёта сил и средств пожарно-спасательных подразделений на начальном этапе тушения пожаров в резервуарах 203

безопасность. – № 3. – Москва, 2004. – С. 53-60.

6. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами / О.М. Волков. – М.: Недра, 1984. – 152 с.

7. Ключ П.П. Пожарная тактика / П.П. Ключ и др. – Х.: "Основа", 1998. – 592 с.

Ю.В. Хилько, А.А. Лисняк, В.В. Тригуб

Розрахунок сил і засобів пожежно-рятувальних підрозділів на початковому етапі гасіння пожеж у резервуарах

Розроблено методику побудови номограм для розрахунку сил та засобів для гасіння пожеж у резервуарі на початковому етапі. Наведено номограми для визначення граничної відстані позиції ствольщика при подачі води на захист резервуарів.

Ключові слова: номограма, пожежа в резервуарі, пожежний ствол, охолодження, стінки, методика.

Yu.V. Khilko, A.A. Lisnyak, V.V. Trygub

Calculation of forces and means of fire-rescue units at an early stage fire extinguishing in tanks

A method of constructing a nomogram for calculating the forces and means of fighting fires in the tank at the initial stage. Nomograms are given to determine the maximum distance from the position of the fire when the fire barrel to protect the water supply tanks.

Keywords: nomogram fire in a tank fire barrel cooling wall technique.