

УДК 614.842.65

obsidian-pb@mail.ru

**УТОЧНЕНИЯ К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА МОБИЛЬНЫХ  
СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ  
ДОСТАВКИ ВОДЫ К МЕСТУ ПОЖАРА МЕТОДОМ ПЕРЕКАЧКИ**

**CLARIFICATIONS TO THE METHOD FOR CALCULATING THE NUMBER  
OF FIRE UNITS NEEDED TO ORGANIZE WATER DELIVERY  
TO THE FIRE SITE BY PUMPING**

*Малютин О. С.,*

*Малый В. П., доктор технических наук, профессор,  
Дупляков Г. С., Сибирская пожарно-спасательная академия  
ГПС МЧС России, Железногорск*

*Malyutin O. S., Maliy V. P., Duplyakov G. S.,  
Siberian Fire and Rescue Academy  
EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk*

В статье описывается уточненная методика расчета требуемого количества мобильных средств пожаротушения для организации доставки воды к месту пожара методом перекачки. Рассмотрена существующая методика, принятая к использованию в настоящий момент. На конкретном примере показаны ее недостатки при проведении расчетов. Описан путь устранения названных недостатков и предложены изменения в методику. Приведены результаты расчетов, показывающие корректность уточненной методики для равномерно пологих подъёмов (спусков) трассы перекачки.

*Ключевые слова:* пожарная охрана, тактика, управление пожарными подразделениями, водоснабжение на пожаре, мобильные средства пожаротушения, перекачка, насосно-рукавные системы.

The article describes a refined method for calculating the required number of mobile fire-fighting equipment for organizing water delivery to the fire site by pumping. The existing method accepted for use at the moment is considered. A specific example shows its disadvantages when performing calculations. The way to eliminate these shortcomings is described and changes to the methodology are proposed. The results of calculations showing the correctness of the updated method are presented.

*Keywords:* fire service, tactics, fire units management, water supply on fire, mobile fire units, pumping, pump-hose systems.

### **Введение**

При тушении крупных пожаров задача обеспечения доставки к месту пожара воды в требуемом количестве является очень важной, так как от этого в конечном итоге зависит успех боевых действий и снижение материального ущерба, причиненного пожаром.

В рамках работы по развитию инструментальных средств автоматизированной информационно-графической системы

ГраФиС-Тактик, предназначенной для компьютерного моделирования боевых действий по тушению пожаров, в ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России была рассмотрена стандартная методика расчета требуемого количества мобильных средств пожаротушения для организации доставки воды к месту пожара методом перекачки [1–3]. Было установлено, что эта методика не может быть применена в условиях наличия на

трассе перекачки перепада высот, так как получаемые с ее использованием значения в таких случаях не верны.

Была проведена работа по уточнению этой методики. Выработанные в результате этой работы предложения приведены ниже.

#### Недостатки существующей методики

В настоящее время для определения требуемого количества мобильных средств пожаротушения для организации доставки воды к месту пожара перекачкой применяется следующая методика [2].

1. Определяется  $N^p$  – общее требуемое количество напорных пожарных рука-

вов для прокладки магистральных рукавных линий от водоисточника до места пожара, с учетом неровности местности:

$$N^p = \frac{1,2 \cdot L}{20}, \quad (1)$$

где  $L$  – расстояние от водоисточника до места установки разветвления или приборов подачи огнетушащих веществ, м; 1,2 – коэффициент, учитывающий неровности местности; 20 – длина одного напорного пожарного рукава, м.

2. Определяется  $N_{гол}^p$  – предельная длина рукавных линий (в рукавах) от головного мобильного средства пожаротушения до позиций ствольщиков или места установки рукавных разветвлений:

$$N_{гол}^p = \left( H_n - (H_p + Z_m + Z_{ств}) \right) / SQ^2, \quad (2)$$

где  $H_n$  – напор, создаваемый насосом МСП, м;  $Z_m$  – высота подъема (+) или спуска местности (–), м;  $Z_{ств}$  – высота подъема (+) или спуска (–) пожарного ствола или другого прибора подачи огнетушащих веществ, м;  $H_p$  – напор перед разветвлением, принимаемый на 10 м больше требуемого напора перед приборами подачи воды [2, стр.70], м;  $S$  – гидравлическое сопротивление одного пожарного рукава в магистральной рукавной линии;  $Q$  – расход воды через сечение рукава магистральной рукавной линии, равный сумме расходов всех приборов подачи воды, л/с.

В случае, если от головного МСП вместо магистральной рукавной линии, ведущей к разветвлению, проложена рабочая рукавная линия, ведущая непосредственно к прибору подачи огнетушащих веществ, вместо напора перед разветвлением  $H_p$  используется напор перед стволом  $H_{ств}$ .

3. Определяется  $N_{ступ}^p$  – предельное расстояние между МСП, работающими в перекачку (длина ступени перекачки):

$$N_{ступ}^p = \frac{(H_n - (H_{вх} + Z_m))}{SQ^2}, \quad (3)$$

где  $H_{вх}$  – напор на конце магистральной рукавной линии ступени перекачки (в зависимости от выбранного способа перекачки принимается: 10 м при перекачке из насоса в насос и (3,5–4,0) м при перекачке в емкость МСП), м;  $Z_m$  – высота подъема (+) или спуска местности (–) от водоёма до места пожара, м.

4. Определяется количество ступеней  $N_{ступ}$  перекачки:

$$N_{ступ} = \frac{(N^p - N_{гол}^p)}{N_{ступ}^p}, \text{ шт.} \quad (4)$$

5. Определяется общее количество МСП  $N_{МСП}$  для перекачки:

$$N_{МСП} = N_{ступ} + 1, \text{ шт.} \quad (5)$$

6. Наконец, определяется фактическое расстояние от головного МСП до места установки разветвлений или прибора подачи воды  $N_{гол \Phi}^p$ :

$$N_{гол \Phi}^p = N^p - N_{ступ} \cdot N_{ступ}^p, \text{ шт.} \quad (6)$$

Эта методика приведена в большинстве справочников РТП и учебных пособий по пожарной тактике и рассматривается сотрудниками пожарной охраны России как нечто само собой разумеющееся.

В [2] отмечено, что геодезический перепад  $Z_m$  «учитывают при нахождении всех предельных расстояний, чем создаётся **определённый запас** напора на насосах МСП». Анализ показывает, что до перепадов  $Z_m \leq 10 м$  этот «определённый запас» оказывается технически и экономически оправданным (приемлемым). Но, как показывают расчеты, при больших перепадах высот между водоисточником и местом пожара ( $Z_m > 10 м$ ), «определённые запасы» оказываются слишком большими, что предопределяет необходимость разработать и применять более совершенную методику расчетов параметров перекачки.

Для того чтобы убедиться в этом, рассмотрим следующий пример.

Для организации бесперебойной доставки воды методом перекачки необходимо определить требуемое количество отделений на пожарных автоцистернах.

Требуемый расход воды – 14,8 л/с. Расстояние между открытым водоисточником и местом пожара – 1000 м. Перепад высот между водоисточником и местом пожара составляет +50 м.

Воспользуемся описанной выше «стандартной» методикой. В качестве расчетной схемы перекачки примем схему перекачки по одной рукавной линии **из насоса в насос**.

Магистральные рукавные линии предполагается прокладывать из рукавов диаметром 77 мм.

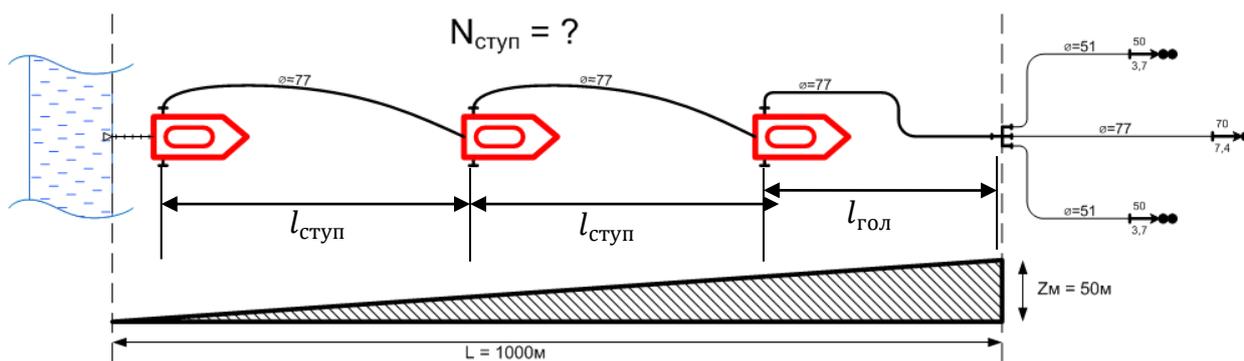


Рисунок 1. Расчетная схема организации перекачки из насоса в насос МСП

1. Определим  $N^p$  – общее требуемое количество напорных пожарных рукавов для прокладки магистральных линий от водоисточника до места пожара с учетом неровности местности (1):

$$N^p = \frac{1,2 \times 1000}{20} = 60 \text{ рукавов.}$$

2. Определим по «стандартной» [1, 2] методике  $N_{гол}^p$  – предельную длину магистральной рукавной линии от головного мобильного средства пожаротушения до места установки рукавного разветвления (2).

$$N_{гол}^p = \frac{H_n - (H_p + Z_m + Z_{ств})}{S \times Q^2} \quad (1.2)$$

Предположим, что перепад высот  $Z_m$  на участке между головным МСП и местом установки разветвления незначителен и пренебрежем им:  $Z_m = 0$ .

Также пренебрежем высотой подъема пожарных стволов  $Z_{ств}$ , так как в контексте рассматриваемой задачи его величина не имеет принципиального значения:  $Z_{ств} = 0$ .

Тогда предельная длина  $N_{гол}^p$  рукавных линий (в рукавах) от головного мобильного средства пожаротушения до по-

зиций ствольщиков или места установки рукавных разветвлений:

$$N_{зол}^p = \frac{(H_n - (H_p + Z_m + Z_{ств}))}{SQ^2} = \frac{(90 - (50 + 0 + 0))}{0,015 \cdot 14,8^2} = 12 \text{ шт.}$$

где  $N_{зол}^p$  – предельная длина рукавных линий от головного мобильного средства пожаротушения (далее – МСП) до позиций ствольщиков или места установки рукавных разветвлений в рукавах, шт.;  $H_n$  – напор, создаваемый насосом МСП, например, марки ПН-40УВ, м (90 м (Дж/Н));  $Z_m$  – высота подъема (+) или спуска местности (–), м (50 м);  $Z_{ств}$  – высота подъема (+) или спуска (–) пожарного ствола или другого прибора подачи огнетушащих веществ, м (0 м);  $H_p$  – напор перед разветвлением, принимаемый на 10 м больше требуемого напора перед приборами подачи воды (например, 40 м), м (40+10, м);  $S$  – гидравлическое сопротивление одного пожарного прорезиненного рукава диаметром 77 мм в магистральной рукавной линии [2, табл. 4.2] (0,015);  $Q$  – расход воды через сечение рукава магистральной рукавной линии, равный сумме расходов всех приборов подачи воды, л/с (14,8 л/с).

3. Определим предельное расстояние между МСП, работающими в перекачку (3).

$$N_{стун}^p = \frac{(H_n - (H_{вх} + Z_m))}{SQ^2}.$$

Мы не знаем количества ступеней, а, следовательно, не можем и определить размер перепада высот, приходящийся на каждую из них. Поэтому согласно рекомендациям [2, стр.70] принимаем значение перепада местности  $Z_m$  равным общему перепаду по всей трассе перекачки: 50 м.

$$N_{стун}^p = \frac{(90 - (10 + 50))}{0,015 \cdot 14,8^2} = 9 \text{ (шт.)}.$$

4. Определим количество ступеней перекачки (4):

$$N_{стун} = \frac{(60 - 12)}{9} = 6 \text{ (ступеней)}$$

рукавных разветвлений:

5. Определим общее количество МСП для перекачки (5):

$$N_{МСП} = 6 + 1 = 7 \text{ (МСП)}.$$

6. Уточним фактическое расстояние от головного МСП до места установки разветвления:

$$N_{зол \Phi}^p = 60 - 6 \cdot 9 = 6 \text{ (рукавов)} = 120 \text{ м,}$$

где  $N_{зол \Phi}^p$  – расстояние от головного МСП до места установки разветвлений или прибора подачи воды в рукавах, шт.

Задача решена. Проверим полученные результаты. Мы знаем, что перепад высот на трассе перекачки составляет 50 м. Для организации перекачки требуется 6 ступеней и одно головное МСП. Поскольку мы условились, что перепад высот наблюдается только на участке ступеней перекачки, то можно определить размер перепада высот на участке каждой из 6 ступеней:

$$Z_{стун} = \frac{50}{6} = 8,3 \text{ (м)}.$$

По формуле 3 оценим фактическую максимальную длину магистральных рукавных линий между МСП, работающими в перекачку:

$$N_{стун \Phi}^p = \frac{(90 - (10 + 8,3))}{0,015 \cdot 14,8^2} = 21 \text{ (шт.)}.$$

Очевидно, что данное значение более чем в 2 раза отличается от полученного ранее, а значит, проведенный расчет не верен.

Причина его ошибочности кроется в том, что существующая методика непра-

вильно учитывает в вычислениях перепады высот. Для того чтобы понять это, следует подробнее рассмотреть формулу 3.

Следуя ее логике, для каждой из ступеней мы учитываем всю потерю напора, связанную с подъемом воды на высоту перепада местности на всей дистанции перекачки, что категорически неправильно, так как приводит к тому, что одно и то же значение учитывается много раз – итоговый взятый в расчет перепад высот на дистанции перекачки многократно увеличивается, что приводит к появлению результатов, не соответствующих действительности. Мало того, так как заранее не известно, сколько потребуются ступеней перекачки, то неизвестно и насколько ошибочными будут значения.

Но и это не все – в случае, если перепад высот на дистанции перекачки превышает 80 метров, то расчет согласно принятой методике и вовсе становится невозможным, так как напор на насосе МСП в этом случае будет меньше потерь напора, связанных с преодолением гидравлического сопротивления рукавных линий и подъемом на неоправданно мультиплицированную высоту.

Необходимо заметить, что некоторые авторы, понимая суть проблемы, при проведении расчетов перекачки предлагают различные рекомендации:

«Если подъем или спуск наблюдается на участке головного мобильного средства пожаротушения, то при определении длины ступеней перекачки их не учитывают, а учитывают при определении расстояния до головного мобильного средства пожаротушения. Если подъем или спуск отмечается на отдельных ступенях или на трассе перекачки, тогда его учитывают при определении длины между ступенями или, исходя из конкретных условий, учитывают при нахождении всех предельных расстояний, чем создается определяемый запас напора на насосах МСП» [2]

В [3] рекомендуется разбивать расстояние от водоисточника до головного

насоса на  $i$  участков длиной  $L_i$  и с одинаковым уклоном  $V_i$ .

Однако данные советы не представляются действенными в силу вышеназванных причин – до проведения расчета неизвестно, какова будет длина ступеней перекачки, в каком месте будут располагаться МСП, а значит и понять, в какой именно части ступени перекачки будут наблюдаться перепады высот, а в какой нет – невозможно.

#### **Предложения по уточнению методики**

В рассмотренном примере добиться точности решения можно методом последовательных приближений – итеративно решая задачу определения длины ступеней перекачки, каждый раз используя все более точные значения. Однако такой подход представляется неприменимым в практических расчетах.

Поэтому для уточнения методики предлагается пересмотреть подход к решению задачи определения требуемого количества ступеней перекачки.

Формулы (2) и (3), безусловно, представляются верными, однако их слабым местом является значение перепада высот  $Z_m$ , вычислить которое не представляется возможным.

Вместе с тем, очевидно, что насос МСП каждой из ступеней перекачки и головного автомобиля тратит некоторое количество напора на преодоление некоторой доли перепада высоты. При этом эта доля одинакова как для любой из ступеней, так и для всей трассы перекачки в целом.

Поскольку нам точно известен перепад высот между конечными точками трассы, а потери напора по длине рукавных линий для всей трассы мы можем вычислить исходя из ее длины, то мы можем определить и долю напора МСП, остающуюся после вычета потерь напора, затрачиваемых на «геодезический» подъем воды. Назовем это выражение «коэффициент снижения напора» (далее –  $K_{CH}$ ). Равен он будет:

$$K_{CH} = h_{пук} / (h_{пук} + Z_m), \quad (7)$$

где  $K_{CH}$  – коэффициент снижения напора;  $h_{рук}$  – потеря напора в напорных рукавах магистральной линии по всей трассе перекачки, м;  $Z_M$  – высота подъема (+) или спуска местности (–), м.

Потери напора (турбулентный случай) в рукавных линиях определяются по следующей формуле [4]:

$$h_{рук} = N^p \cdot S \cdot Q^2, \quad (8)$$

где  $N^p$  – количество рукавов от головного мобильного средства пожаротушения до позиций ствольщиков или места установки рукавных разветвлений в рукавах, шт.;  $S$  – гидравлическое сопротивление одного пожарного рукава в магистральной рукавной линии;  $Q$  – расход воды через сечение рукава магистральной рукавной линии, равный сумме расходов всех приборов подачи воды, л/с.

Таким образом, уточненная методика решения задачи расчета требуемого ко-

личества МСП для организации перекачки будет выглядеть следующим образом:

1. Определяется общее требуемое количество напорных пожарных рукавов для прокладки магистральных рукавных линий от водоисточника до места пожара, с учетом неровности местности:

$$N^p = \frac{1,2 \cdot L}{20}. \quad (9)$$

2. Определяется предельная длина рукавных линий от головного мобильного средства пожаротушения до позиций ствольщиков или места установки рукавных разветвлений с учетом  $K_{CH}$ :

$$N_{гол}^p = K_{CH} \cdot \frac{(H_n - (H_p + Z_{смв}))}{SQ^2}. \quad (10)$$

Упростим это выражение, подставив в него последовательно формулы (7) и (8):

$$\begin{aligned} N_{гол}^p &= \frac{h_{рук}}{h_{рук} + Z_M} \cdot \frac{(H_n - (H_p + Z_{смв}))}{S \cdot Q^2}; \\ N_{гол}^p &= \frac{N^p \cdot S \cdot Q^2}{N^p \cdot S \cdot Q^2 + Z_M} \cdot \frac{(H_n - (H_p + Z_{смв}))}{S \cdot Q^2}; \\ N_{гол}^p &= \frac{N^p \cdot (H_n - (H_p + Z_{ств}))}{N^p \cdot S \cdot Q^2 + Z_M}; \\ N_{гол}^p &= \frac{H_n - (H_p + Z_{смв})}{S \cdot Q^2 + \frac{Z_M}{N^p}}. \quad (11) \end{aligned}$$

3. Определяется предельное расстояние между МСП, работающими в перекачку (длина ступени перекачки):

$$N_{ступ}^p = K_{CH} \cdot (H_n - H_{вх}) / SQ^2 \quad (12)$$

Упростим это выражение подставив в него последовательно формулы (7) и (8):

$$N_{ступ}^p = \frac{h_{рук}}{h_{рук} + Z_M} \cdot \frac{(H_n - H_{вх})}{SQ^2};$$

$$N_{смун}^p = \frac{N^p \cdot S \cdot Q^2}{N^p \cdot S \cdot Q^2 + Z_M} \cdot \frac{(H_H - H_{ex})}{SQ^2}$$

$$N_{смун}^p = \frac{N^p \cdot (H_H - H_{ex})}{N^p \cdot S \cdot Q^2 + Z_M}$$

$$N_{смун}^p = \frac{H_H - H_{ex}}{S \cdot Q^2 + \frac{Z_M}{N^p}} \quad (13)$$

4. Определяется количество ступеней перекачки:

$$N_{смун} = (N^p - N_{гол}^p) / N_{смун}^p \quad (14)$$

где,  $N_{смун}$  – количество ступеней перекачки, шт.

5. Определяют общее количество МСП для перекачки:

$$N_{МСП} = N_{смун} + 1. \quad (15)$$

6. Наконец, определяется фактическое расстояние от головного МСП до места установки разветвлений или прибора подачи воды:

$$N_{гол \Phi}^p = N^p - N_{смун} \cdot N_{смун}^p, \quad (16)$$

где  $N_{гол \Phi}^p$  – расстояние от головного МСП до места установки разветвлений или прибора подачи воды в рукавах, шт.

**Пример проведения расчетов с использованием уточненной методики**

Проведем расчет рассмотренного ранее в статье примера с использованием уточненной методики.

1. Определим общее требуемое количество напорных пожарных рукавов для прокладки магистральных линий от водосточника до места пожара с учетом неровности местности (9):

$$N^p = \frac{1,2 \cdot 1000}{20} = 60 \text{ рукавов.}$$

2. Определим предельную длину рукавных линий от головного мобильного

средства пожаротушения до позиций ствольщиков или места установки рукавных разветвлений (11):

$$N_{гол}^p = \frac{90 - (50 + 0)}{0,015 \cdot 14,8^2 + \frac{50}{60}} = 9 \text{ рукавов.}$$

3. Определим предельное расстояние между МСП, работающими в перекачку (13):

$$N_{смун}^p = \frac{90 - 10}{0,015 \cdot 14,8^2 + \frac{50}{60}} = 19 \text{ рукавов.}$$

4. Определим количество ступеней перекачки (14):

$$N_{смун} = \frac{(60 - 9)}{19} = 3 \text{ ступени.}$$

5. Определим общее количество МСП для перекачки (15):

$$N_{МСП} = 3 + 1 = 4 \text{ МСП.}$$

6. Наконец, определим фактическое расстояние от головного МСП до места установки разветвлений или прибора подачи воды (16):

$$N_{гол \Phi}^p = 60 - 3 \cdot 19 = 3 \text{ рукава} = 60 \text{ м,}$$

где  $N_{гол \Phi}^p$  – расстояние от головного МСП до места установки разветвлений или прибора подачи воды в рукавах, шт.

Объединим результаты, полученные с использованием стандартной и уточненной методик, в таблицу 1.

Таблица 1

Сравнение результатов расчета примера с стандартной и уточненной методик

Показатель	Методика	
	Стандартная	Уточненная
$N_{гол}^p$	12	9
$N_{ступ}^p$	9	19
$N_{ступ}$	6	3
$N_{МСП}$	7	4

Из данных таблицы 1 видно, что длина рукавных линий, проложенных от головного МСП  $N_{гол}^p$ , во втором случае стала меньше, что связано с тем, что при расчете стандартной методикой перепад высот на данном участке трассы перекачки не учитывался вовсе. Длина рукавных линий, проложенных между МСП, работающими в перекачку  $N_{ступ}^p$ , напротив, увеличилась вдвое благодаря тому, что в уточненной методике для каждой ступени перекачки используется не все значение перепада высот, а лишь та его часть (усреднённая по всей длине трассы подачи воды), что приходится на ступень. В результате уменьшилось требуемое количество ступеней  $N_{ступ}$  и МСП  $N_{МСП}$ .

Для проверки полученных результатов найдем часть перепада высоты, приходящуюся на каждую ступень:

$$Z_{ступ} = \frac{Z_m}{N_{ступ} + \frac{N_{гол}^p}{N_{ступ}^p}} = \frac{50}{3 + \frac{9}{19}} = 14,4 \text{ (м)}. \quad (17)$$

Далее определим максимальную длину рукавной линии между МСП, работающими в перекачку (3):

$$N_{ступ}^p = (90 - (10 + 14,4)) / 0,015 \cdot 14,8^2 = 19 \text{ шт.}$$

Результат, полученный с использованием формулы (3), оперирующей частью перепада высоты, приходящейся на одну ступень, составляет 19 рукавов. В таблицах 2–4 приведено сравнение результатов, полученных при проведении некоторых расчетов для различных исходных параметров доставки воды к месту пожара методом перекачки с использованием стандартной методик и уточненной.

Таблица 2

Результаты расчета параметров доставки воды к месту пожара с использованием перекачки на расстояние 500 м

Расстояние перекачки $L$ , м	Расход $Q$ , л/с	Перепад высот $Z_m$ , м	Методика*	$N_{гол}^p$ , шт.	$N_{ступ}^p$ , шт.	$N_{ступ}$ , шт.	$N_{МСП}$ , шт.	$N_{гол}^p \Phi$ , шт.**
500	11,1	10	1	21	37	1	2	-7
			2	18	36	1	2	-6
500	11,1	25	1	21	29	1	2	1
			2	14	29	1	2	1
500	11,1	50	1	21	16	1	2	14
			2	11	22	1	2	8
500	11,1	60	1	21	10	1	2	20
			2	10	20	1	2	10
500	14,8	10	1	12	21	1	2	9
			2	11	22	1	2	8
500	14,8	25	1	12	16	2	3	-2

			2	9	19	2	3	-8
500	14,8	50	1	12	9	2	3	12
			2	8	16	2	3	-2
500	14,8	60	1	12	6	3	4	12
			2	7	15	2	3	0
500	22,2	10	1	5	9	3	4	3
			2	5	10	3	4	0
500	22,2	25	1	5	7	4	5	2
			2	4	9	3	4	3
500	22,2	50	1	5	4	7	8	2
			2	4	8	4	5	-2
500	22,2	60	1	5	2	13	14	4
			2	4	8	4	5	-2

Таблица 3  
Результаты расчета параметров доставки воды к месту пожара  
с использованием перекачки на расстояние 1000м

Расстояние перекачки $L$ , м	Расход $Q$ , л/с	Перепад высот $Z_m$ , м	Методика*	$N_{гол}^p$ , шт.	$N_{ступ}^p$ , шт.	$N_{ступ}$ , шт.	$N_{МСП}$ , шт.	$N_{гол\Phi}^p$ , шт.**
1000	11,1	10	1	21	37	2	3	-14
			2	19	39	2	3	-18
1000	11,1	25	1	21	29	2	3	2
			2	17	35	2	3	-10
1000	11,1	50	1	21	16	3	4	12
			2	14	29	2	3	2
1000	11,1	60	1	21	10	4	5	20
			2	14	28	2	3	4
1000	14,8	10	1	12	21	3	4	-3
			2	11	23	3	4	-9
1000	14,8	25	1	12	16	3	4	12
			2	10	21	3	4	-3
1000	14,8	50	1	12	9	6	7	6
			2	9	19	3	4	3
1000	14,8	60	1	12	6	8	9	12
			2	9	18	3	4	6
1000	22,2	10	1	5	9	7	8	-3
			2	5	10	6	7	0
1000	22,2	25	1	5	7	8	9	4
			2	5	10	6	7	0
1000	22,2	50	1	5	4	14	15	4
			2	4	9	7	8	-3
1000	22,2	60	1	5	2	28	29	4
			2	4	9	7	8	-3

Таблица 4  
 Результаты расчета параметров доставки воды к месту пожара  
 с использованием перекачки на расстояние 1500 м

Расстояние перекачки $L$ , м	Расход $Q$ , л/с	Перепад высот $Z_m$ , м	Методика*	$N_{гол}^p$ , шт.	$N_{ступ}^p$ , шт.	$N_{ступ}$ , шт.	$N_{МСП}$ , шт.	$N_{гол\Phi}^p$ , шт.**
1500	11,1	10	1	21	37	2	3	16
			2	20	40	2	3	10
1500	11,1	25	1	21	29	3	4	3
			2	18	37	2	3	16
1500	11,1	50	1	21	16	5	6	10
			2	16	33	3	4	-9
1500	11,1	60	1	21	10	7	8	20
			2	15	31	3	4	-3
1500	14,8	10	1	12	21	4	5	6
			2	11	23	4	5	-2
1500	14,8	25	1	12	16	5	6	10
			2	11	22	4	5	2
1500	14,8	50	1	12	9	9	10	9
			2	10	20	4	5	10
1500	14,8	60	1	12	6	13	14	12
			2	10	20	4	5	10
1500	22,2	10	1	5	9	10	11	0
			2	5	10	9	10	0
1500	22,2	25	1	5	7	13	14	-1
			2	5	10	9	10	0
1500	22,2	50	1	5	4	22	23	2
			2	5	10	9	10	0
1500	22,2	60	1	5	2	43	44	4
			2	4	9	10	11	0

\* - 1 – стандартная методика, 2 – уточненная методика.

\*\* - получение отрицательного результата говорит о том, что головной автомобиль может быть установлен непосредственно у места пожара. В таких случаях обычно прокладывается магистральная рукавная линия из одного напорного пожарного рукава [2].

На рисунках 2–4 представлены графики, отражающие различие в результатах расчета требуемого количества МСП, приведенных в таблицах 2–4.

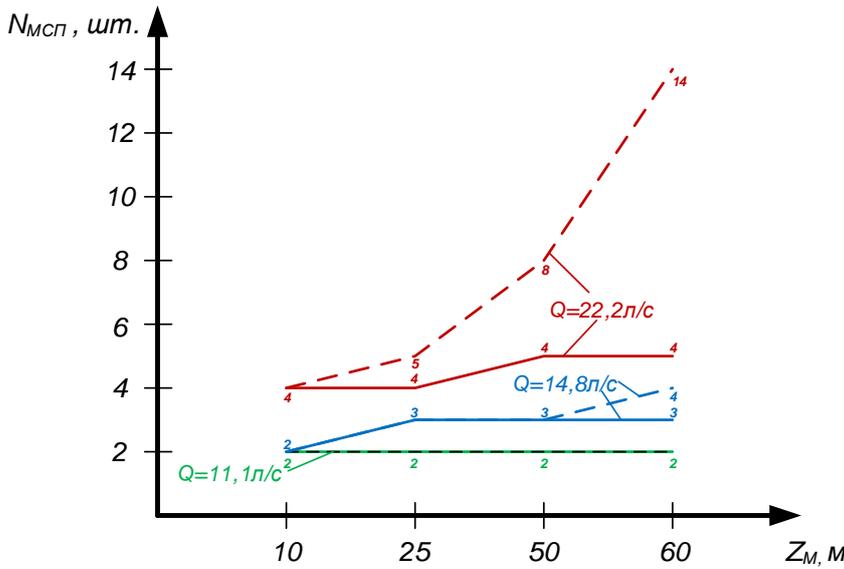


Рисунок 2. График изменения требуемого количества МСП ( $N_{МСП}$ ) для организации подачи воды перекачкой на расстояние 500 м в зависимости от перепада высот ( $Z_M$ ) и расхода  $Q$ . Результаты, полученные с использованием стандартной методики, показаны пунктирной линией; результаты, полученные с использованием уточненной методики, – сплошной

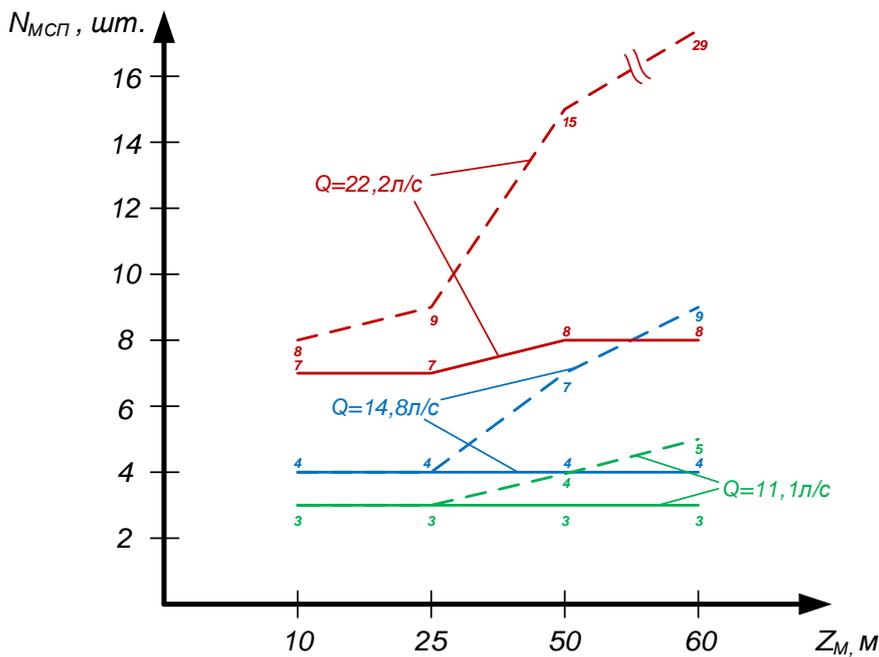


Рисунок 3. График изменения требуемого количества МСП ( $N_{МСП}$ ) для организации подачи воды перекачкой на расстояние 1000 м в зависимости от перепада высот ( $Z_M$ ) и расхода  $Q$ . Результаты, полученные с использованием стандартной методики, показаны пунктирной линией; результаты, полученные с использованием уточненной методики, – сплошной

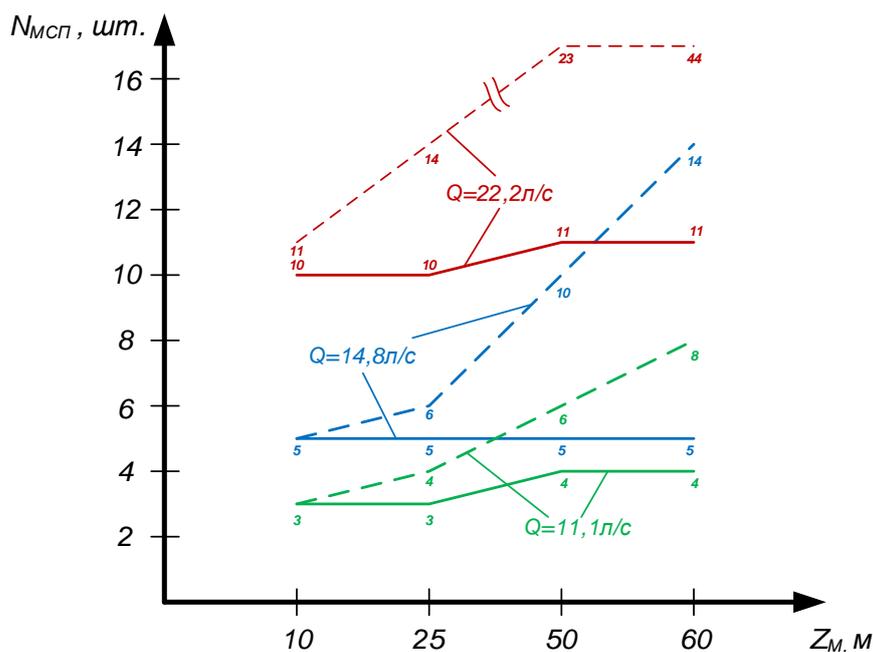


Рисунок 4. График изменения требуемого количества МСП ( $N_{МСП}$ ) для организации подачи воды перекачкой на расстояние 1500 м в зависимости от перепада высот ( $Z_m$ ) и расхода  $Q$ . Результаты, полученные с использованием стандартной методики, показаны пунктирной линией, результаты, полученные с использованием уточненной методики, – сплошной

Проанализировав результаты расчетов  $N_{МСП}$  из таблиц 2–4 и графики 2–4, можно заметить, что результаты, полученные при помощи уточненной методики, всегда равны или меньше результатов, полученных при помощи стандартной методики. При этом разница между этими результатами тем значительнее, чем больше:

- расстояние, на которое требуется подать воду,
- перепад высот между водоем и местом пожара и
- требуемый расход воды.

Так, например, в случае, если требуется обеспечить расход воды 22,2 л/с для тушения пожара на расстоянии 1500 м от водоема и поднять воду на 60 м, результат, полученный при помощи стандартной методики, составит 44 МСП, в то время как результат, полученный при помощи уточненной методики, составит всего 11 МСП, т.е. в 4 раза меньше.

### Заключение

Полученные уточнения методики предлагается использовать в процессе подготовки руководящего состава пожарных подразделений и включить в новые издания справочной и учебной литературы по пожарной тактике.

Также уточненную методику, по мнению авторов, следует использовать в качестве основы для компьютерных систем автоматизации пожарно-тактических расчетов, в том числе в АИГС ГраФиС-Тактик [5].

Вместе с тем необходимо отметить, что уточненная методика подразумевает равномерность перепада высот по всей трассе перекачки. Следует провести дополнительные вычисления для случаев наличия разных уровней подъема или спуска местности на различных участках трассы перекачки.

**Литература**

1. Иванников В. П., Ключ П. П. Справочник руководителя тушения пожара. М., 1987.
2. Теребнев В. В. Расчет параметров развития и тушения пожаров (Методика. Примеры. Задания). Екатеринбург, 2012. 460 с.
3. Подгрушный А. В. и пр. Методические указания к решению тактических задач по теме «Основы построения схем подачи огнетушащих средств к месту пожара». М., 2005.
4. Качалов А. А. и др. Противопожарное водоснабжение. М., 1985. 286 с.
5. Малютин О. С. Компьютерное моделирование сложных насосно-рукавных систем // Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций». 2018. С. 68–75.

**References**

1. Ivannikov V. P., Klyus P. P. Spravochnik rukovoditelya tusheniya pozhara. M., 1987.
2. Terebnev V. V. Raschet parametrov razvitiya i tusheniya pozharov (Metodika. Primery. Zadaniya). Ekaterinburg, 2012. 460 s.
3. Podgrushnyj A. V. i pr. Metodicheskie ukazaniya k resheniyu takticheskikh zadach po teme 'Osnovy postroeniya skhem podachi ognetchashchih sredstv k mestu pozhara. M., 2005.
4. Kachalov A. A. i dr. Protivopozharnoe vodosnabzhenie. M., 1985. 286 s.
5. Malyutin O. S. Kompyuternoe modelirovanie slozhnyh nasosno-rukavnyh sistem // Sbornik statej po materialam VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Monitoring, modelirovanie i prognozirovanie opasnyh prirodnyh yavlenij i chrezvychajnyh situacij». 2018. S. 68–75.