VOL. 1 | ISSUE 2 | APRIL 2026

UNISCIENCE

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL



UniScience
International scientific journal

АНАЛИЗ ОГРАНИЧЕНИЙ, ПОГРЕШНОСТЕЙ И НЕДОСТАТКОВ СИСТЕМ ВОЗВРАТА ОСТАТОЧНОЙ ВОДЫ ИЗ ПОЖАРНЫХ РУКАВНЫХ ЛИНИЙ

Махкамов Нурмухаммад Янгибоевич
Академия МЧС Республики Узбекистан
Садиров Азизбек Таирбек угли
Академия МЧС Республики Узбекистан
e-mail: azamafia7@gmail.com

Аннотация. *В статье проведён анализ основных ограничений, погрешностей и недостатков, возникающих при реализации систем возврата остаточной воды из пожарных рукавных линий с использованием вакуумного метода. Рассмотрены факторы, влияющие на эффективность возврата воды, включая гидродинамические потери, двухфазный характер потока, деформацию рукавов и эксплуатационные условия. Выполнена оценка погрешностей измерений и их влияния на результаты исследований. Показано, что эффективность возврата воды существенно зависит от длины рукавной линии, её конфигурации и технического состояния оборудования. Полученные результаты позволяют определить направления повышения точности расчётов и надёжности систем возврата воды.*

Ключевые слова: *пожарный рукав, вакуумирование, погрешность, двухфазный поток, остаточная вода, гидравлические потери.*

Введение

Разработка систем возврата остаточной воды из пожарных рукавных линий является перспективным направлением повышения эффективности

использования водных ресурсов при тушении пожаров. Однако практическая реализация таких систем связана с рядом ограничений и неопределённостей, которые могут существенно влиять на их эффективность.

Несмотря на наличие теоретических моделей, основанных на классических уравнениях гидродинамики, реальные условия эксплуатации пожарных рукавов значительно сложнее и характеризуются рядом факторов, не учитываемых в упрощённых расчётах.

Целью настоящей работы является систематизация основных недостатков и погрешностей, возникающих при возврате воды из рукавных линий, а также оценка их влияния на эффективность процесса.

Ограничения гидродинамической модели

Классическая модель движения жидкости в рукавной линии основывается на уравнении:

$$\Delta p = \rho g h + \Delta p_{\text{потер}}$$

Однако данная модель предполагает:

- однородность потока;
- постоянство плотности;
- отсутствие воздуха.

В реальных условиях данные предположения не выполняются, что приводит к отклонениям расчётных значений от фактических.

Влияние двухфазного потока

При возврате воды в рукавной линии формируется двухфазный поток, состоящий из воды и воздуха.

Это приводит к:

- снижению эффективной плотности потока;
- появлению воздушных пробок;

- неустойчивости движения жидкости.

Эффективная плотность может быть представлена как:

$$\rho_{эффек} = \alpha\rho$$

где:

α - коэффициент заполнения рукава водой.

При уменьшении α эффективность возврата воды резко снижается.

Деформация и сплющивание рукавов

При создании вакуума возникает риск потери устойчивости рукава.

Условие устойчивости:

$$K_{уст} = \frac{p_{кр}}{\Delta p}$$

При снижении коэффициента устойчивости возможно:

- локальное сплющивание;
- уменьшение проходного сечения;
- увеличение гидравлических потерь.

Влияние геометрии рукавной линии

Конфигурация рукавной линии существенно влияет на процесс возврата воды.

Основные факторы:

- длина рукава;
- наличие перегибов;
- уклон поверхности.

При увеличении длины рукавной линии гидравлические потери возрастают пропорционально:

$$\Delta p \sim \frac{L}{d}$$

Погрешности измерений

При проведении экспериментальных исследований возникают следующие погрешности:

- измерение давления: ±1-2 %;
- измерение расхода: ±2-5 %;
- измерение объёма: ±3 %.

Суммарная погрешность может достигать:

±5-8%

что необходимо учитывать при анализе результатов.

Эксплуатационные ограничения

Практическая реализация системы возврата воды ограничена следующими факторами:

- техническое состояние рукавов;
- квалификация персонала;
- временные ограничения при тушении пожара.

Сложность системы может снизить вероятность её использования в реальных условиях.

Обсуждение

Проведённый анализ показал, что эффективность возврата воды определяется совокупностью гидродинамических и эксплуатационных факторов. Упрощённые модели не позволяют полностью описать реальные процессы, что требует разработки более сложных моделей с учётом двухфазного потока и деформации рукавов.

Выводы

1. Установлено, что классические гидродинамические модели имеют ограниченную применимость при описании процесса возврата воды.

2. Показано, что двухфазный поток является ключевым фактором снижения эффективности возврата воды.

3. Определено влияние деформации рукавов на гидравлические характеристики системы.

4. Оценены основные источники погрешностей экспериментальных исследований.

5. Обоснована необходимость дальнейших исследований с учётом реальных условий эксплуатации.

Список использованных литератур

1. **Идельчик И.Е.** Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – Москва: Машиностроение, 1992. – 672 с.

2. **Чугаев Р.Р.** Гидравлика. – Москва: Энергия, 1982. – 672 с.

3. **Молчадский И.С., Теребнев В.В.** Пожарная техника. – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 432 с.

4. **Теребнев В.В.** Пожарные автомобили. – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2006. – 365 с.

5. **Теребнев В.В., Подгрушный А.В.** Пожарно-техническое вооружение. – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2015. – 390 с.

6. **NFPA 1961.** Standard on Fire Hose. – Quincy: National Fire Protection Association, 2020.

7. **NFPA 1901.** Standard for Automotive Fire Apparatus. – Quincy: NFPA, 2022.

8. **Grimwood P., Sanderson I.** A performance-based approach to defining and calculating adequate firefighting water. *Fire Safety Journal*, 2015, Vol. 78, pp. 155–167.

9. **Kaufman M.M., Rosencrants T.** GIS method for characterizing fire flow capacity. *Fire Safety Journal*, 2015, Vol. 72, pp. 25–32.

10. **Svensson S.** A study of tactical patterns during fire fighting operations. *Fire Safety Journal*, 2002, Vol. 37, pp. 673–695.

UniScience
International scientific journal