

Гидроизоляция представляет собой пластичный штукатурный покров из нескольких слоев холодной асфальтовой мастики, нанесенных на вертикальные, горизонтальные, наклонные или потолочные поверхности.

Холодную мастику наносят на очищенную поверхность слоями толщиной 5–10 мм с помощью асфальтометов, растворометов или насосов. Каждый последующий слой наносят на предыдущий лишь после его отвердения. Асфальтовые смеси наносят снизу вверх ярусами высотой 1,5–2,5 м. Сопряжение ярусов выполняют внахлестку с перекрытием на 0,3–0,4 м, с разбежкой стыков в разных местах. При необходимости покрытие армируют стеклосеткой или антисептированной мешковиной, расстилая их на поверхности свеженанесенного слоя и прикатывая до выступления мастики на поверхности ткани.

Таким образом, защита подземной части зданий и сооружений от проникновения капиллярной, грунтовой или поверхностной воды существенно увеличивает срок службы зданий и сооружений.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте: учеб. пособие / А. А. Шилин [и др.]. – Тверь : Русская Торговая Марка, 2003. – 396 с.
2. Подтопление территорий грунтовыми водами при строительстве и их инженерная защита : сб. науч. тр. / ВИНТИ РАН. – М. : ВИНТИ, 1982. – Т. 8. – 110 с.
3. Попченко, С. Н. Гидроизоляция сооружений и зданий / С. Н. Попченко. –Л. : Стройиздат, Ленинг. отд-ние, 1981 – 304 с.

УДК 629.563.424

А. В. Максимович<sup>1</sup>, И. В. Калиновский<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Белорусский национальный технический университет,*

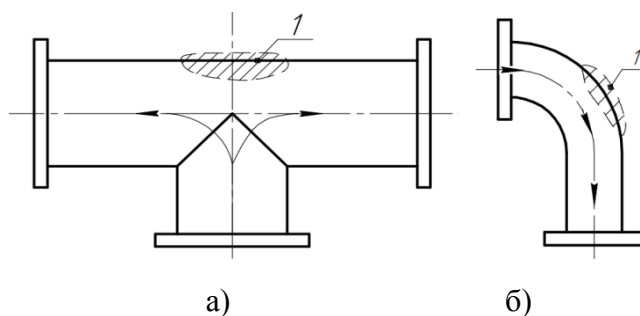
### **РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВОРОТНОГО УЧАСТКА ТРУБЫ ЗЕМСНАРЯДА**

*Научные руководители: К. В. Хвилько<sup>1</sup>, И. В. Качанов<sup>1</sup>,  
С. Г. Короткевич<sup>2</sup>*

<sup>2</sup>*Государственное учреждение образования "Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь",  
Минск, Республика Беларусь*

На водотоках и водоемах Республики Беларусь землесосные снаряды (земснаряды) осуществляют дноочистительные и дноуглубительные работы, а

также добычу строительного песчаного грунта различного гранулометрического состава. В настоящее время в Республике Беларусь эксплуатируется около 30 земснарядов, которые постоянно сталкиваются с проблемой низкой производительности и энергоэффективности из-за износа и существенного увеличения гидравлического сопротивления нагнетательной трубы грунтового насоса земснаряда, особенно его фасонных элементов. К фасонным элементам обычно относят: переходники, тройники и поворотные участки нагнетательной трубы (рисунок 1) [1].



1 — Зона повышенного износа  
а) тройник; б) плавный поворот

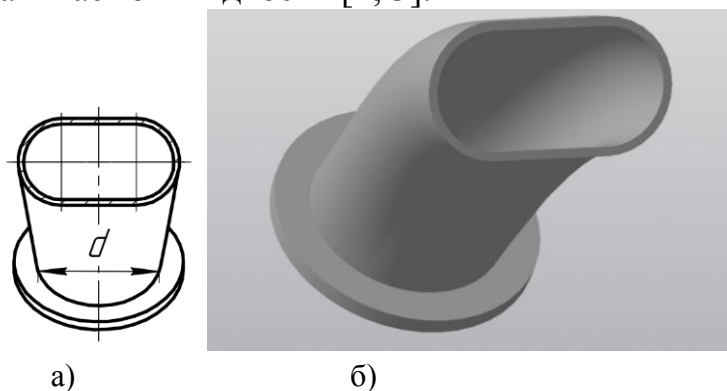
**Рисунок 1 — Поворотный участок пульпопровода**

Анализ научно-технической литературы и патентно-информационных источников [2] показывает, что снижение гидравлических сопротивлений трубопроводных систем различного назначения и особенно их фасонных элементов является весьма актуальной задачей. Наибольший интерес в этом плане вызывают поворотные участки труб, снижение гидравлических сопротивлений которых позволяет снизить общие потери напора в трубопроводных системах в среднем на 15-20 %. На величину гидравлических сопротивлений поворотных участков, кроме общеизвестных геометрических параметров (диаметра трубы  $d$ , радиуса  $R$  и угла  $\alpha$  поворота), существенное влияние оказывает форма поперечного сечения трубы поворотного участка [4], так как стандартная круглая форма поперечного сечения не является оптимальной с гидравлической точки зрения. Подбор оптимальной формы поперечного сечения поворотного участка нагнетательной трубы грунтового насоса земснаряда в перспективе позволит оптимизировать процесс совместной работы грунтового насоса и нагнетательной линии и определить рабочую точку с максимальной производительностью и минимальными энергозатратами при эксплуатации земснаряда.

На кафедре «Гидротехническое и энергетическое строительство, водный транспорт и гидравлика» БНТУ (ГЭСВТГ БНТУ) было разработано инновационное отечественное устройство для улучшения гидродинамики перекачиваемой жидкости на поворотных участках трубопроводов путем использования на этих участках поперечного сечения овальной формы (рисунок 2).

На основании указанного устройства и предварительных экспериментальных данных, полученных в лаборатории кафедры ГЭСВТГ

БНТУ была установлена перспективность использования на поворотных участках поперечных сечений овальной формы для снижения потерь напора при движении перекачиваемой жидкости [2; 3].



а) схема поперечного сечения колена овальной формы; б) компьютерная 3D-модель колена овальной формы

**Рисунок 2 — 3D-модель предложенной (овальной) формы поперечного сечения поворотного участка**

Использование поперечного сечения трубы овальной формы на поворотных участках может существенно (примерно в 1,5 раза) снизить гидравлическое сопротивление поворотного участка (колена) и уменьшить потери напора (механической энергии) при перекачке любой жидкости (в том числе пульпы в нагнетательной трубе грунтового насоса земснаряда), что в свою очередь приведет к увеличению производительности и энергоэффективности работы земснаряда в целом на 20—30%, а также попутно снизить износ поворотных участков.

Для проверки теоретических предположений о гидродинамике перекачиваемой жидкости на поворотных участках нагнетательной трубы земснаряда, на кафедре ГЭСВТГ БНТУ было проведено компьютерное моделирование и предварительные экспериментальные исследования в гидравлической лаборатории поворотных участков (колена с углом поворота на  $90^\circ$ ) нагнетательной трубы с различными поперечными сечениями: круглой, прямоугольной и овальной.

В результате, проведенные компьютерное моделирование и лабораторные гидравлические исследования, позволили сделать следующие выводы:

1. Стандартная круглая форма поперечного сечения колена напорной трубы земснаряда не является оптимальной с точки зрения минимизации гидравлического сопротивления (потерь напора);
2. Наиболее оптимальными сечениями с точки зрения минимизации гидравлического сопротивления (потерь напора) является прямоугольное и овальное сечения;
3. По производительности прямоугольное сечение превосходит круглое на 5—10 %, а по снижению гидравлического сопротивления — на 10—15%;

4. Использование овального сечения позволяет увеличить производительность на 10-15% по сравнению с круглым и снизить гидравлическое сопротивление на 15—25%;

5. Установлен характер изменения контактной поверхности «парного вихря» для различных форм поперечного сечения поворотного участка нагнетательной трубы земснаряда;

6. Установлено влияние формы поперечного сечения поворотного участка нагнетательной трубы земснаряда на его основные гидравлические характеристики (дальность отлета струи  $h_{\text{под}}$ , расход жидкости  $Q$ , средняя скорость  $v$ ).

Проведенные компьютерное моделирование и лабораторные гидравлические исследования моделей поворотных участков (колен) нагнетательной трубы грунтового насоса земснаряда показали, что наиболее оптимальной формой поперечного сечения колена является овальная форма, которое позволяет увеличить производительность земснаряда минимум на 10—15%; уменьшить гидравлическое сопротивление на 15—20%, с последующим возможным снижением износа поворотного участка нагнетательной трубы земснаряда.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шкундин Б.М. Землесосные снаряды : учебн. пособие / Б.М. Шкундин.— 2-е изд. перераб.— М. : Энергия, 1973. — 272 с.

2. Математическая модель движения огнетушащей жидкости в проточном тракте лафетного ствола с винтовой структуризацией потока / И. В. Качанов [и др.] // Чрезвычайные ситуации : предупреждение и ликвидация. - 2013. - № 2. — С. 156-164.

3. Теоретические и компьютерные исследования дальнобойного пожарного лафетного ствола при ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах промышленного и гражданского назначения / И. В. Качанов [и др.] // Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в контексте глобального изменения климата планеты в XXI веке : сборник докладов XIX Международной научно-практической конференции, Тюмень, 17 марта 2017 г. : в 3 т. / Тюменский государственный университет ; редкол.: А. Б. Храмцов (отв. ред.) [и др.]. —Тюмень, 2017. – Т. 1. — С. 59-64.