

Магистральный самотечно-напорный водовод с большим перепадом высот

О. А. Продоус, генеральный директор ООО «ИНКО-инжиниринг»

Б. А. Джанбеков, президент ФСРПП «ЭЛЬБРУС»

Решение проблемы устранения дефицита питьевой воды в регионах Карачаево-Черкессии, Ставропольском крае и Калмыкии возможно только за счет строительства магистрального трубопровода большого диаметра и протяженности [1].

Наличие в Карачаево-Черкессии значительных запасов подземной артезианской воды высокого качества позволяет использовать этот природный ресурс для решения данной социально-экономической проблемы — устранение дефицита питьевой воды. Успешному решению проблемы способствует также природный рельеф местности с большим и относительно пологим уклоном, примерно $i = 0,008$, на большой длине трассы водовода вдоль Тебердинского шоссе и реки Теберда длиной около 100 км. На рис. 1 приведена схема автомобильной трассы Теберда — Усть-Джегута, вдоль которой предполагается проложить магистральный водовод:

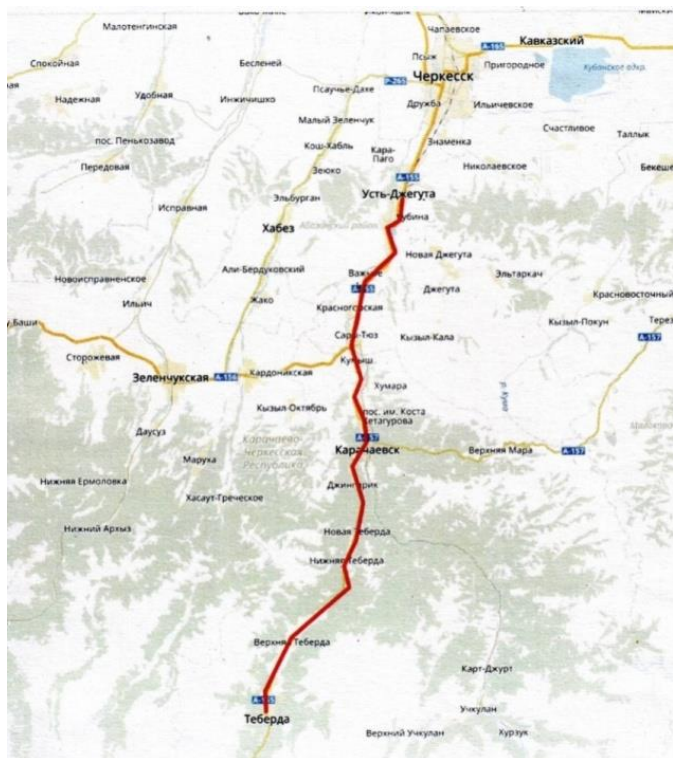
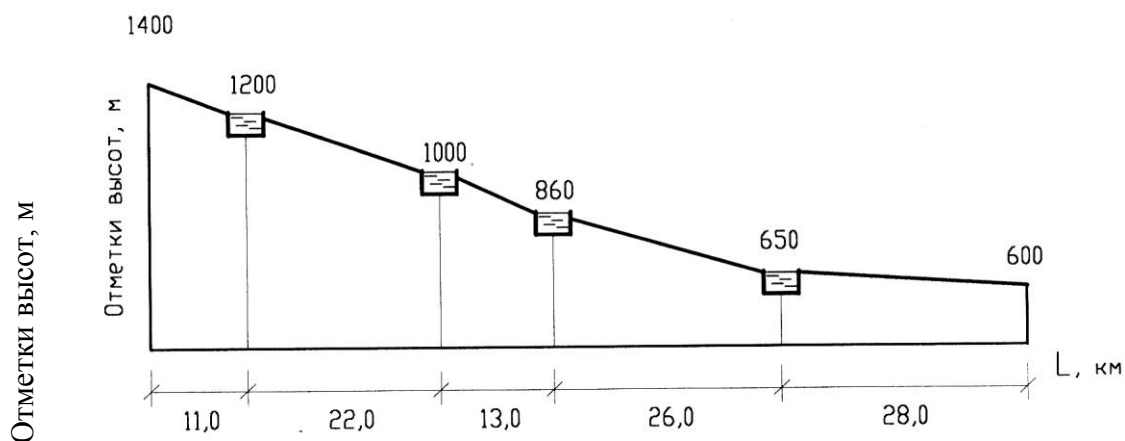


Рис. 1. Схема автомобильной трассы Теберда — Усть-Джегута



L — длины участков трассы водовода, км
 А, В, С, Д — разгрузочные емкости

Рис. 2. Продольный профиль трассы водовода с разгрузочными емкостями

Высотные отметки предполагаемой трассы водовода над уровнем моря составляют: 1400 м — в начале трассы, у источника водоснабжения (скважин) и 600 м — в конечной точке в г. Усть-Джегута, где также будет построен завод по разливу питьевой воды в емкости для ее последующей реализации населению других регионов. Используя природный рельеф местности, трасса водовода должна быть выбрана с учетом минимальных затрат на строительство водовода и его последующей эксплуатации [2]. На рис. 2 приведен продольный профиль трассы водовода с указанием точек размещения регулирующих емкостей. Для этого предусматриваются следующие этапы в реализации данного проекта:

- I** этап: геодезические и геологические изыскания трассы водовода;
- II** этап: разработка проектной документации (стадии «П» и «РЧ»);
- III** этап: проекты сооружений на трассе водовода (разгрузочные емкости, генераторы электроэнергии, устройство вантузов и др.).

Следует учесть также высокий уровень сейсмичности по трассе водовода. Для этого региона он составляет 4 балла по шкале Рихтера. Поэтому при выборе материала труб и строительстве водовода этому обстоятельству также следует уделить повышенное внимание. Предусматривается после обоснования выбора материала использовать ВЧШГ трубы с полиуретановым покрытием, которые используются для [1, 3]:

- увеличения пропускной способности водоводов;

- снижения стоимости строительно-монтажных работ при строительстве водоводов;
- строительства трубопроводов в районах с высокой сейсмичностью (рис. 3);
- снижения затрат на эксплуатацию трубопроводов;
- сокращения сроков проведения строительно-монтажных работ и увеличения темпов строительства трубопроводов (см. рис. 4).

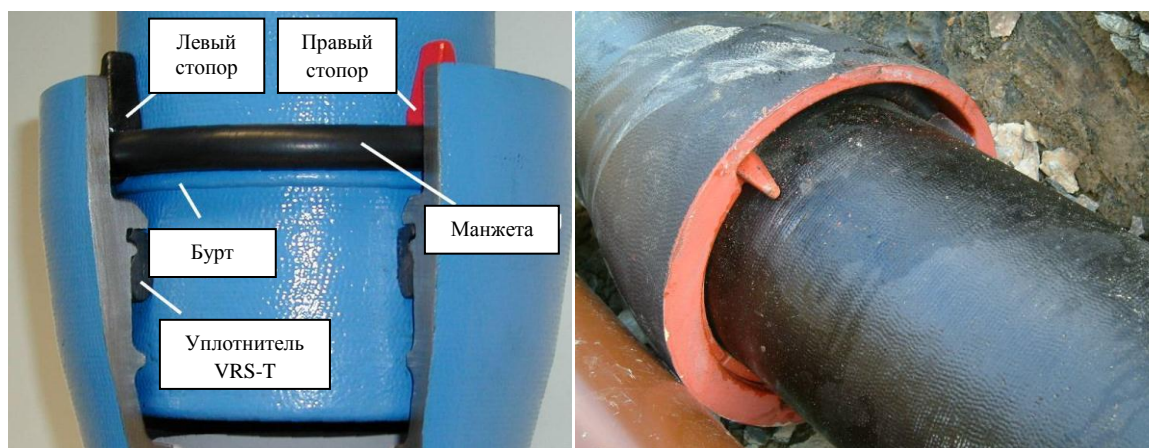


Рис. 3. Сейсмостойкое соединение ВЧШГ-труб

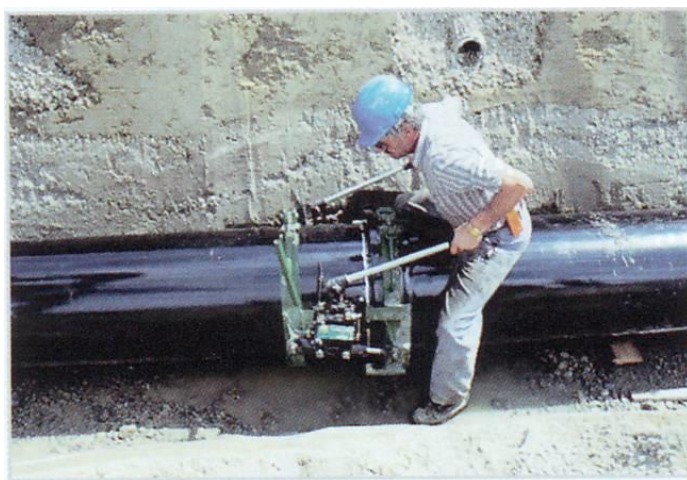


Рис. 4. Монтаж ВЧШГ-труб с полиуретановым покрытием

Так как водовод будет работать в самотечно-напорном режиме, то процессы, происходящие внутри водовода, во время его эксплуатации следует подвергнуть точному прогнозному и гидравлическому расчету. Это касается, прежде всего, двух эксплуатационных моментов: заполнение трубопровода питьевой водой из источника (скважин) или его опорожнение в случае проведения ремонтных работ на трассе и гашение энергии потока при самотечно-напорном движении.

Важным техническим вопросом работы водовода с достаточно большим объемом транспортируемой воды в 100 тыс. м³/сут. на трассе длиной в 100 км является регулирование потока, а также выпуск и впуск воздуха в трубопровод в процессе его эксплуатации. Регулирование потока предусматривается производить с помощью дисковых поворотных затворов или задвижек с обрезиненным клином, устанавливаемых друг от друга на расстоянии не более 3 км, а также перед и после каждой разгрузочной емкости. Выпуск или впуск воздуха из(в) трубопровода будет производиться с помощью вантузов, установленных в переломных точках трассы, подобранных по расчету, в соответствии с требованиями СП 31.13330.2012 [4].

Третьим этапом реализации проекта предусматривается разработка комплекса мер по гашению энергии самотечно-напорного потока по длине водовода за счет возведения разгрузочных узлов (емкостей) для разрыва сплошности движущегося потока для снижения давления и генерации (выработки) электрической энергии на специальных устройствах (мини-ГЭС), установленных на выходе струи из трубопровода в емкость. Предусматривается устройство разгрузочных емкостей в 4 точках (по две в каждой) объемом по 5000 м³, как показано на рис. 2.

Так как данный проект является инвестиционным, то механизм возвратности заемных средств должен предусматривать их возвратность кредитору при эксплуатации водовода за счет продажи питьевой воды населению региона, ее продажи в соседние регионы и за счет реализации произведенной с помощью мини-ГЭС электрической энергии в процессе эксплуатации самотечно-напорного водовода.

Мини-ГЭС могут быть установлены непосредственно на участках водовода с увеличенным диаметром водовода не менее 2 метров, в которых будут вращаться с низкой скоростью (60–75 об/мин.) лопастные турбины, вырабатывающие электрическую энергию с высоким КПД (более 80%).

Электрическая энергия, вырабатываемая потоком, движущимся со скоростью V , м/с, может быть выражена зависимостью [5]:

$$N = 0,5 \cdot \eta \cdot \rho \cdot w \cdot V^3, \text{ Вт/ч}, (1)$$

где:

η — КПД мини-ГЭС, принимаем $\eta = 0,80 \%$;

ρ — плотность воды, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;

$w = \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4}$ — площадь живого сечения трубы, в которой установлена мини-ГЭС;

$$w = \frac{3,14 \cdot 2,0^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 4}{4} = 3,14 \text{ м}^2;$$

V — скорость потока жидкости, м/с, принимаем $V=4,0 \text{ м/с}$;

$$N = 0,5 \cdot 0,80 \cdot 1000 \cdot 3,14 \cdot 64,0 = 80\,384 \text{ Вт} = 80,4 \text{ кВт/ч.}$$

То есть вырабатываемая одной мини-ГЭС энергия составляет 80,4 кВт/ч, или $80,4 \times 24 = 1929,6$ кВт/сут. = 704 304 кВт/год/1 мини-ГЭС.

С учетом того, что мини-ГЭС предполагается устанавливать на трассе водовода в 4 точках (см. рис. 2), то выработанная 4 мини-ГЭС энергия составит: $704304 \times 4 = 2\,817\,216$ кВт/ч/год.

При стоимости продажи населению 1кВт/ч выработанной электроэнергии 3,82 руб/1кВт/ч материальный эффект от продажи электроэнергии, выработанной на трассе Тебердинского группового водопровода, составит:

$$2\,817\,216 \cdot 3,82 = 10\,761\,765 \text{ руб/год} = 29\,484 \text{ руб/сут.} = 1229 \text{ руб/ч.}$$

Каждый из трех этапов проекта является сложной инженерно-технической задачей, реализация которого займет не менее полутора лет и для решения которой требуется привлечение ученых-практиков и компетентных специалистов из проектных и строительных организаций страны, имеющих практический опыт в проектировании, строительстве и эксплуатации подобных самотечных трубопроводов большого диаметра и протяженности. Комплексный подход в реализации данного проекта позволит решить проблему устранения дефицита питьевой воды в Карачаево-Черкессии, Ставропольском крае и Калмыкии за счет строительства социально значимого Тебердинского магистрального группового водовода большой протяженности.

Литература

1. Продоус О. А., Джанбеков Б. А. Эффективное решение социально-экономической проблемы ликвидации дефицита питьевой воды для регионов Карачаево-Черкессии, Ставропольского края и Калмыкии. // Журнал «ВСТ», № 11, 2017.
2. Продоус О. А., Мурлин А. А., Иващенко В. В. Критерии выбора материалов труб для напорных трубопроводов коммунального и промышленного водоснабжения. Материалы X Юбилейной Международной научно-практической конференции «Технологии очистки воды», Астрахань, 5–6 октября 2017. — С. 101–105.
3. Продоус О. А. Эффективный материал покрытий для чугунных трубопроводов из ВЧШГ. // Журнал «Инженерные системы». АВОК-Северо-Запад, № 2, 2017. — С. 68–70.
4. СП 31.13330-2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. // <http://docs.cntd.ru/document/1200093820>.

5. Шаляпин С. Н., Шаляпина Т. С., Штонда Ц. Ю., Штонда И. Ю. О перспективах применения свободнопоточных и водовихревых микроГЭС на станциях очистки сточных вод. // Производственно-практический журнал «Водоснабжение и водоотведение» № 5, 2014. — С. 36–42.