

УДК 532.542:631

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ

*А.И. Есин – д.т.н., проф., Р.М. Айбушев – к.т.н., доцент
ФГОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»
г. Саратов, Россия*

Одними из перспективных направлений развития водохозяйственного строительства в агропромышленном комплексе, системах сельскохозяйственного водоснабжения является строительство и реконструкция систем с использованием труб из полимерных материалов.

Водопроводное хозяйство Саратовской области включает в себя 14,3 тыс. км водопроводных сетей, половина которых имеет 100%-й износ. Трубы в области в основном чугунные и стальные и только 15% – полиэтиленовые. Утечки и неучтенный расход воды в системах водоснабжения в ряде городов области достигают 40% от поданной в сеть воды. Не лучше ситуация складывается на мелиоративных объектах области, где 80-90% внутрихозяйственной оросительной сети являются сетями закрытого типа.

Трубопроводы из традиционных материалов, особенно стальные, подвержены коррозионному разрушению, а внутренняя поверхность большинства трубопроводов при эксплуатации зарастает коррозионными отложениями и продуктами, находящимися в транспортируемой среде, что приводит к снижению пропускной способности, ухудшению качества и потере транспортируемой воды. Поскольку указанные процессы в металлических трубопроводах происходят постоянно, через 10-15 лет стальные трубопроводы необходимо ремонтировать или заменять, так как дальнейшая эксплуатация все в большей степени ухудшает технико-экономические и экологические характеристики системы. Заращение внутренней поверхности металлических трубопроводов продуктами коррозии и осадками из транспортируемой среды также приводит к тому, что на 5-10-й год эксплуатации такие сети требуют увеличения в 2-3 раза расхода электроэнергии на перекачку.

Опыт эксплуатации закрытых оросительных сетей [1] свидетельствует о том, что 30% порывов напорных стальных трубопроводов происходит вследствие гидравлических ударов, вызванных отключением и включением дождевальных машин. При этом противокоррозионная изоляция стальных труб теряет защитные свойства в течение 2-5 лет. В результате трубы выходят из строя и по причине коррозии металла.

Физико-технические свойства полимерных материалов позволяют считать их наиболее высокоэффективным заменителем труб из традиционных материалов (в первую очередь – металлических). Пластмассовые трубы не подвергаются почвенной и атмосферной коррозии, поэтому не требуется защита их антикоррозионными покрытиями. Высокие диэлектрические свойства полимерных труб предохраняют их от электрохимической коррозии и действия блуждающих токов. Срок службы таких труб равен 50 лет, что в 5 раз больше, чем стальных. За счет гладкости стенок полимерные трубы характеризуются небольшими потерями напора на трение (на 30 % ниже, чем в стальных и чугунных трубах) и постоянством пропускной способности, так как они не подвержены зарастанию. В результате пропускная способность их в 1,15 раза выше, чем стальных, бывших в употреблении. Они характеризуются отсутствием воздействия на вкусовые качества и запах воды, качество воды в них не меняется, в результате санитарно-гигиенические показатели полимерных труб в несколько раз выше, чем стальных. Вода в них замерзает в 3-4 раза медленнее, чем в металлических трубах. Полимерные трубы характеризуются высокой надежностью при воздействии

перегрузок, что обусловлено такими их свойствами, как вязкость и упругость одновременно, в частности, они устойчивы к механическим ударам, а трубы, работающие под давлением, обладают высокой устойчивостью к гидравлическим ударам, которые очень опасны для традиционных материалов. Полимерные трубы легки и удобны при транспортировке и при проведении монтажных работ, так как легко режутся, свариваются, склеиваются, в результате облегчается технологический процесс и увеличивается производительность труда при строительстве, сокращаются транспортные расходы. Трудоемкость монтажа пластмассовых труб (и соответственно стоимость его) в 2-3 раза ниже, чем стальных. Они подходят как для монтажа с устройством траншеи, так и для прокладки бестраншейным способом (направленным горизонтальным бурением).

В настоящее время наибольшее распространение получили трубы из полиэтилена, применение которых началось с середины прошлого века.

Свойства труб во многом определяются плотностью полиэтилена. В российских и международных стандартах принята следующая классификация полиэтилена по плотности:

ПНП (PELD) 910 – 925 кг/м³; *ПСП (PEMD)* 926 – 940 кг/м³;

ПВП (PEHD) 941 – 965 кг/м³.

Принятая до недавнего времени маркировка полиэтиленовых труб согласно ГОСТ 18599-83 вводила в заблуждение многих проектировщиков. Например, для трубы ПВД 160 *СЛ* – полиэтилен высокого давления, условным диаметром 160 мм, среднелегкого типа – многие полагали, что сокращение ПВД указывает на область применения полиэтиленовых труб по допустимому давлению в трубе.

По толщине стенки и, следовательно, по рабочему давлению напорные трубы подразделялись на следующие типы: легкие *Л* – 0,25 МПа; среднелегкие *СЛ* – 0,4 МПа; средние *С* – 0,6 МПа; тяжелые *Т* – 1 МПа.

Полиэтилен низкого давления (высокой плотности) имеет высокую механическую прочность, плотность, жесткость и повышенную теплостойкость. Полиэтилен высокого давления (низкой плотности) более мягок и эластичен.

Обозначение марок полиэтилена согласно новому ГОСТу 18599 – 2001 [2] основывается на показателе минимальной длительной прочности *MRS* (Minimum Required Strength), который более полно характеризует эксплуатационные свойства полиэтилена, чем плотность (табл. 1).

Таблица 1

Показатель *MRS* полиэтилена

Обозначение	Длительная прочность <i>MRS</i> , МПа	Допустимые напряжения (среда вода, коэффициент запаса прочности 1,25) σ , МПа
ПЭ 32	3,2 (3,20 – 3,99)	2,5
ПЭ 63	6,3 (6,30 – 7,99)	5,0
ПЭ 80	8,0 (8,00 – 9,99)	6,3
ПЭ 100	10,0 (10,00 – 11,19)	8,0

где *MRS* – минимальная длительная прочность, напряжения полученное путем экстраполяции на срок службы 50 лет при температуре 20°C данных испытаний труб на стойкость к внутреннему гидростатическому давлению с нижним доверительным интервалом 97,5 %;

σ - допустимое напряжение в стенке трубы, равное *MRS/C*; *C* – коэффициент запаса прочности – для водопроводных труб равен 1,25.

При маркировке полиэтиленовых труб за основу принят наружный диаметр, который при изменении толщины стенки остается постоянным, а внутренний диаметр изменяется, соответственно. Ряд наружных диаметров пластмассовых труб, применительно к водоводам

составляет: 75, 90, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1200.

Для характеристики полиэтиленовых труб применяются следующие показатели:

SDR – стандартное размерное отношение – отношение номинального наружного диаметра трубы d к номинальной толщине стенки e ; S – серия трубы.

Соотношение между S и SDR определяется следующей формулой

$$S = \frac{SDR - 1}{2}.$$

Серию труб S также может определить по формуле

$$S = \frac{\sigma}{MAOP},$$

где $MAOP$ (Maximum Allowable Operating Pressure) – максимальное рабочее давление находится в зависимости от свойств полимерного материала и условий работы трубопровода по формуле

$$MAOP = \frac{2MRS}{C(SDR - 1)} C_t,$$

где C_t – коэффициент снижения давления в зависимости от температуры, при рабочей температуре воды до 20°C равен 1,0.

Условное обозначение труб состоит из слова «труба», сокращенного наименования материала (ПЭ-32, ПЭ 63, ПЭ 80, ПЭ 100), стандартного размерного отношения (SDR), – , номинального наружного диаметра, номинальной толщины стенки трубы, назначения трубы: хозяйственно-питьевого назначения обозначают словом «питьевая», в остальных случаях – «техническая» и обозначения ГОСТ.

В СГАУ им. Н.И. Вавилова рассматривались некоторые вопросы эксплуатационной надежности закрытой оросительной сети ДМ «Фрегат» с использованием полиэтиленовых труб [4]. Работа проводилась совместно с ФГУ «Саратовводстрой» на участке реконструкции закрытой оросительной сети в АО «Аграрник» Саратовского района (рис.), где стальные поливные трубопроводы диаметром 300 мм заменялись трубами ПЭ 63 $SDR11-225 \times 20,5$ методом протяжки.

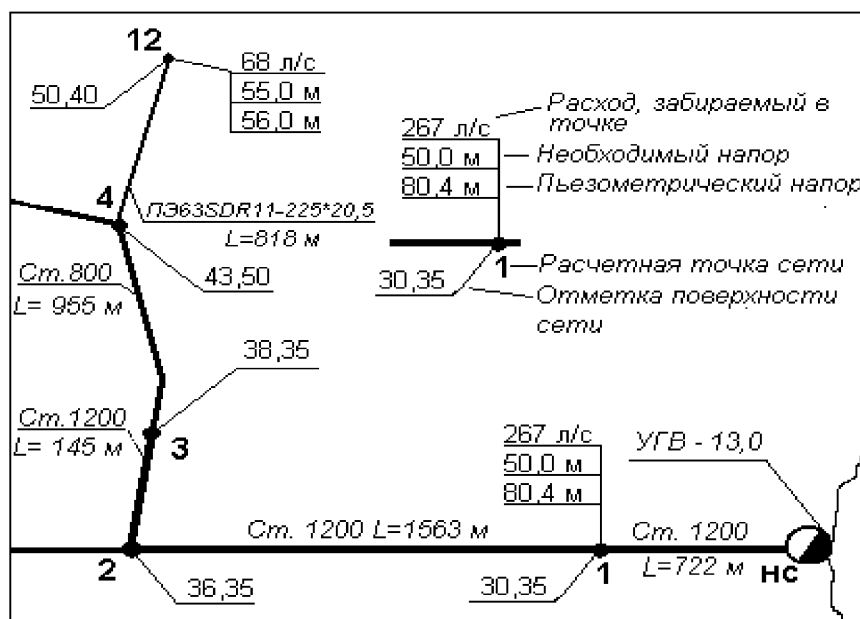


Схема участка оросительной сети АО «Аграрник»

Выполнялись расчёты повышения давления в сети, возникающего при отключении дождевальной машины. Время закрытия запорной арматуры на гидрантах дождевальной машины «Фрегат» ограничено, так как ходовые тележки машины имеют гидравлический привод от сети.

В таблице 2 представлены результаты одного из поверочных гидравлических расчетов. Вода в систему подается насосами Д 1250-125. В 12-й расчетной точке сети расположен гидрант 13-и опорного «Фрегата». Напор на гидранте должен составлять 55 м при расходе воды 68 л/с. Геодезический перепад высот равен 37,4 м. При вычислении суммарной потери напора учитывались местные потери в размере 10 % от потерь по длине на каждом из участков. Начальный напор в системе при расчетных расходах составлял 128 м.

Таблица 2

Результаты гидравлического расчета сети

Расход на участке 4-12, л/с	Суммарные потери, на участках 0-12, м	Напор на гидранте, м
60	28,6	62,00
70	35,12	55,48

При десинхронизации перемещения ходовых тележек и искривления крыла с водопроводящим трубопроводом срабатывает устройство аварийной защиты и подаётся сигнал на аварийное отключение ДМ. Для безаварийного отключения ДМ необходимо, чтобы давление на её входе снизилось до 0,2 МПа не более, чем за 40...45 с.

В таблице 3 приводятся результаты расчета полиэтиленового трубопровода на гидравлический удар, который проводился по программе, разработанной на кафедре гидравлики и гидравлические машины СГАУ [1, 3]. Время полного перекрытия трубопровода – 50 с, труба ПЭ 63 SDR11 -225×20,5 , длина трубопровода от гидранта машины до контрольного манометра 500 м.

Таблица 3

Результаты расчета сети на гидравлический удар

Расход, л/с	Начальное давление перед задвижкой, кПа	Давление в начале трубопровода, кПа	Начальная скорость в трубопроводе, м/с	Давление в момент закрытия, кПа
80	650	811,4	3,01	1433,5
40	650	697,2	1,50	1059,7
30	650	678,3	1,13	965,7
1	2	3	4	5
58	500	591,2	2,18	1078,1
50	500	570,1	1,88	1003,3
45	500	558,2	1,69	956,5
65	400	511,6	2,44	1043,5
60	400	496,9	2,26	996,76
55	400	483,0	2,07	950,03
50	400	470,1	1,88	903,28

Выводы

1. Предварительная оценка гидравлического удара, показывает, что для полиэтиленовых поливных трубопроводов гидравлический удар менее опасен, чем для

стальных трубопроводов, величина давления во многих случаях находится в пределах рабочего давления.

2. Полиэтиленовые трубопроводы обладают достаточной прочностью при гидравлическом ударе в течение проектного срока службы оросительной сети при использовании модификаций машины «Фрегат» с расходами до 70 л/с и рабочим давлением от 0,5 до 0,6 МПа.

Библиографический список

1. Есин А.И. Снижение величины ударного давления путём изменения скорости закрытия запорного органа. /А.И. Есин, Н.М. Кошкин. //Совершенствование методов гидравлических расчётов водопропускных и очистных сооружений. – Саратов: СГТУ, 1997. С. 77-82.
2. ГОСТ 18599-2001. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия. – Взамен ГОСТ 18599-83; введ. 2003-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. 25 с.
3. Есин А.И. Управление скоростью перекрытия напорного трубопровода (математическая модель системы). /В.И. Ольгаренко, А.И. Есин, Н.М. Кошкин. //Мелиорация и водное хозяйство. 1997. № 5. С. 53-55.
4. Есин А.И. Полиэтиленовые трубы в напорных оросительных системах. /А.И. Есин, Р.М. Айбушев, А.В. Ляпин, А.В. Волков // Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений. – Саратов: СГТУ, 2001. С. 74 – 77.