



УДК 628.11

ТЕХНИЧЕСКИ И ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНО ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ В ВОДОСБОРНЫХ СЕТЯХ ВОДОЗАБОРОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

**В.П. Петриченко¹,
А.И. Позняков²**

¹ Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет, Россия, 308000,
г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: petrichenko.vitalij@yandex.ru

² Юго-западный государственный
университет, Россия, г. Курск,
ул. 50 лет Октября, 94

E-mail: munke@mail.ru

Изложено современное состояние водосборных сетей скважинных водозаборов подземных вод в Белгородской и Курской областях, построенных в 70-80-е гг. XX века из стальных труб и новое направление использования стеклопластиковых труб в нефтяной, химической промышленности, водоснабжении, оказавшее многостороннее преимущество. Обоснована возможность и целесообразность полностью заменить в водосборных сетях стальные трубопроводы на стеклопластиковые, дающие технические, экономические преимущества и повышают охрану водных ресурсов.

Ключевые слова: водозаборы, подземные воды, трубы стальные, стеклопластиковые трубы.

Водозаборы в промышленных городах Белгородской области состоят из 10-20 скважин, принадлежащих горводоканалам для снабжения питьевой водой населения.

В основном небольшие водозаборы от нескольких до десятка скважин принадлежат промышленным предприятиям, одновременно снабжают население питьевой водой.

Водосборные сети, даже небольшого города Короча, имеют протяженность более 10 км.

Планом на 2011-2013 гг. по Белгородской области для водоснабжения населения питьевой водой предусмотрено построить более 500 км магистральных водопроводов, не считая уличных разводов в населенных пунктах.

Население города Белгорода обеспечивается питьевой водой из шести водозаборов, находящихся за чертой города и включающих около 200 водозаборных скважин.

Основным водоносным горизонтом является мело-мергельный. Глубины скважин в зависимости от мест расположения составляют от 50-60 до 150 м.

Дебит водозаборных скважин составляет от 20 до 50 м³/час.

Водосборные сети на водозаборах городов и сел Белгородской области выполнены в 70-80-е годы XX века из стальных труб. Водоприемные пункты находятся от водозаборов на расстоянии от 3 до 25 км. Сроки эксплуатации водосборных сетей превышают нормы кратно. Контроль мест и потерь воды по трубопроводам затруднен. Требуется замена многих трубопроводов.

По Курской области для водоснабжения населения питьевой водой крупных городов действуют крупные береговые водозаборы. Водозаборные скважины расположены вдоль рек на расстояниях от них от десятков метров до 100-150 м.

Береговые водозаборы города Курска: «Киевский» включает 86 водозаборных скважин, «Шумаковский» - 32 скважины. Водозаборы расположены вдоль реки Сейм последовательно. «Шумаковский» водозабор удален от «Киевского» на расстояние более 20 км.

Береговой водозабор города Железногорска «Березовский», состоящий из 55 водозаборных скважин, расположен вдоль реки Свапа. Скважины подключены к трем ветвям общей длиной 16 км. Водозабор отдален от города на расстояние 56 км. Общая трубопроводная сеть составляет более 70 км от места забора воды до водоприемного пункта потребителя.

Все эти водосборные трубопроводы выполнены из стальных труб. Срок службы трубопроводов из стальных труб при соблюдении всех требований: внешней изоляции предохраняющей от ржавения, нормативов по содержанию взвесей в воде, перекачиваемой по трубопроводу, соблюдения пределов шероховатости внутренней поверхности труб и др., не превышает 20 лет. Водосборные сети выполняются преимущественно из труб диаметром от 150 до 400 мм. Только на «Березовском» водозаборе для перекачки воды двух водосборных ветвей использованы трубопроводы диаметром 500 и 600 мм длиной 2,8 км.

В соответствии с СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» предусматривает для самотечных и низконапорных сетей, применение железобетонных, асбестоцементных, пластиковых труб.

Только для высоконапорных (1.5 МПа и более) допустимо применение стальных труб и в других оговоренных случаях.

Однако практически все водопроводы на водозаборах выполнены из стальных труб.

В зарубежной практике США, Канады, стран западной Европы – Нидерландах, Франции в 60-е годы начали использовать для нефтепроводов трубы из эпоксидных стеклопластиков, рассчитанные на давление 1.5–2.0 МПа. Такие трубы были использованы для трубопроводов с высокими температурами в пустынях и районах арктического холода. Срок службы их составлял более 20 лет.

В настоящее время, во многих странах мира, используют стеклопластиковые трубы в различных областях химической, нефтяной, газовой промышленности, водоснабжении. Имеется опыт срока службы 50 и более лет трубопроводов без ремонта с небольшой потерей механических свойств.

На основе достижений в области науки, технологий и производства в 2001-2008 гг. в России издан ряд нормативных документов [3, 4, 5] по производству и применению стеклопластиковых труб в нефтяной, химической промышленности, водоснабжении. Созданы предприятия по изготовлению стеклопластиковых труб.

В Казани ООО НПП «Завод стеклопластиковых труб» изготавливает насосно-компрессорные трубы диаметром 50-100 мм. на внутреннее давление до 17.2 МПа, обсадные трубы диаметром 150-200 мм. на давление 10 МПа, применяемые при глубинах скважин до 3000 м.

В Белгороде ЗАО «ПолиЭк» [4] изготавливает стеклопластиковые трубы диаметром 70, 100, 150, 200 и 300 мм. длиной до 12 м на рабочее давление до 1.6 МПа.

Авторами настоящей публикации выполнены исследования [1] на вышеупомянутых водозаборах Курской области по техническим требованиям к водосборным сетям крупных береговых скважинных водозаборов и рациональным режимам их работы, техническим характеристикам комплектующего оборудования водозаборных скважин и водосборных сетей [1, 2]. Установлено, что имеется возможность полностью заменить стальные трубы на стеклопластиковые, выпускаемые в настоящее время ЗАО «ПолиЭк», а при необходимости можно выпускать трубы диаметром до 500 мм, соответствующие требованиям водосборных сетей водозаборов подземных вод.

Практикой установлено [1, 2], что при эксплуатации водозаборных скважин, пробуренных на песчаные водоносные горизонты, в период пуска в работу погружных насосов после простоя и повышения динамического уровня в скважине происходит вынос из пласта мелких фракций песка. (Для погружных насосов допустимо 0.01% массы воды)

Они не должны осаждаться в водосборных сетях. Для этого в трубопроводах должны быть скорости потока выше критических. Коэффициенты запаса скорости течения должны обосновываться технически и экономически, а так же учитывать снижение подачи погружных насосов при их износе или отключении по техническим причинам и профилактических работах. Практически эти колебания допустимо принимать 15-20%.

Критическая скорость течения потока в трубах определяется по формуле

$$V_{кр} = W \sqrt[3]{C_p \left(\frac{D}{d}\right)^{3.5}} \quad \text{м/с,}$$

где C_p – концентрация твердой фазы; D – диаметр трубопровода, м; d – диаметр частиц песка в потоке, м; W – гидравлическая крупность частиц двухфазного потока, м/с.

Исходя из этого расчетный диаметр трубопровода определяется по формуле

$$D = 1,1Q^{0,38} \cdot d^{0,23} / W^{0,23} C_p^{0,7}, \text{ м,}$$

где Q – критический расход, м³/с.

Наиболее сложные условия работы водосборных сетей в том случае, когда водозаборы расположены на пониженных абсолютных отметках, как (к примеру) береговой водозабор «Березовский», где разность отметки реки и водоприемного пункта составляет 23 м.

Наши исследования и расчеты для условий этого водозабора показали, что максимальное давление в водосборных сетях при расчетном количестве (оптимальном) работающих скважин, с учетом разности абсолютных отметок водосборной сети и пункта приема воды, и гидравлических потерь при прокачке воды по трубопроводам не превышает 0.6 МПа.

Расчет гидравлических потерь в трубопроводах определяется по формуле Дарси-Вейсбаха

$$h = \lambda l V^2 / D 2q, \text{ м. водного столба,}$$



где λ – коэффициент сопротивления трения по длине трубопровода, м; V – скорость движения потока в трубопроводе, м/с; D – внутренний диаметр трубопровода, м; q – ускорение силы тяжести, м/с²; l – длина трубопровода, м.

Одним из важных условий использования стеклопластиковых труб в водосборных сетях и трубопроводах является внезапное изменение скорости движения потока в трубах.

В соответствии с теорией Н.Е. Жуковского [8] при этом возникает гидравлический удар, определяемый по формуле

$$\Delta p = \rho(V_0 - V_1)C_1 \text{ н/м}^2,$$

где Δp – увеличение давления первой волны; ρ – плотность жидкости кг/м³; $V_0 - V_1$ – средние скорости в трубопроводе до и после изменения скорости потока воды, м/с.

В соответствии с выполненными расчетами [7] скорость распространения ударной волны в стеклопластиковых трубах в 4 раза ниже.

С целью снижения величины гидравлического удара при использовании стеклопластиковых труб, а так же недопущения падения скорости потока воды в трубах ниже критической рекомендован комплекс энергоснабжения [7] с подключением количества водозаборных скважин к трансформаторной подстанции суммарной производительностью не более трех средних производительностей скважин на данной ветви при общем количестве на отдельных ветвях от 13 до 20 шт. В исследованном водозаборе «Березовский» подключение к трансформаторной подстанции по 5-7 шт. водозаборных скважин.

Рассматривая в целом замену водосборных сетей на стеклопластиковые, следует указать на основные преимущества стеклопластиковых:

- 1) срок службы стеклопластиковых труб в 2,5 раза больше стальных;
- 2) стоимость 1 погонного метра труб стальных, используемых на водозаборах подземных вод и стеклопластиковых тех же диаметров примерно равная;
- 3) масса одного погонного метра стеклопластиковых труб в 4-5 раз меньше, что не требует большегрузных средств для монтажа в траншее;
- 4) не требуется изоляция внешней поверхности трубопровода;
- 5) коэффициент сопротивления трения ниже на 30-40%, что снижает внутреннее давление прокачки того же объема воды в единицу времени и не изменяется со временем имея гладкую, глянцевую поверхность;
- 6) соединения труб на клею, фланцевые, раструбные, муфтовые, бандажные – высокопрочные, герметичные;
- 7) не изменяют технологической характеристики при замерзании и оттаивании;
- 8) при сравнении сроков службы снижаются капитальные, эксплуатационные и суммарные затраты при высокой надежности сооружения.

В таблице приводится сравнение капитальных, эксплуатационных и суммарных затрат возведенной стальной водосборной сети и рекомендуемой стеклопластиковой для водозабора «Березовский».

Таблица

Затраты на возведение стальной и рекомендуемой стеклопластиковой водосборных сетей для водозабора «Березовский»

Материал трубопровода	Диаметр, мм	Длина, м	Стоимость 1 п.м., руб.	Цена трубопровода с изоляцией, руб.	Стоимость прокладки трубопровода, руб.	Капитальные затраты, руб.	Эксплуатационные затраты, руб.	Затраты на равный период 50 лет. Млн. руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сталь	200	162	1388	292397	34559	326956	405426	309
	300	167	2950	640445	45063	685508	850030	
	400	351	3894	1414530	122053	1536583	1905363	
	500	4334	4100	18029440	1949953	19979393	24774448	
	600	828	4200	3444480	460343	3904823	4841981	
	700	4245	4200	17659200	2739596	20398796	25294507	
	900	1500	4200	6825000	1555350	8380350	10391634	



Окончание табл.

Стеклопла- стик	150	300	873	261900	7857	340470	851175	167
	200	300	1233	369900	11097	480870	1202175	
	250	600	1570	942000	28260	1224600	3061500	
	300	1200	1906	2287200	68616	2973360	7433400	
	350	9300	2300	21390000	641700	27807000	69517500	
	500	2300	5000	11500000	345000	14950000	37375000	

Общ.длина стальных труб 11587 м, стеклопластиковых труб – 14000 м.

Экономический эффект за счет увеличения срока службы стеклопластиковой водосборной сети в 2,5 раза, снижения пиковых нагрузок [7] составляет 142 млн. рублей.

Выводы

Мировой практикой ряда Европейских стран, США, Канады десятилетиями подтверждена возможность и целесообразность, высокая эффективность использования в ряде отраслей промышленности, водоснабжении питьевой водой стеклопластиковых труб.

В последние десятилетия в России начали использовать эти достижения в некоторых областях промышленности нефтяной, газовой, химической.

Создан ряд предприятий выпускающих стеклопластиковые трубы, однако промышленное применение их в водоснабжении крайне малое, причина – недоверие новому направлению, недостаточное технико-экономическое и экологическое обоснование.

Авторами выполнены изучение мирового опыта и исследования по технико-экономическому обоснованию использования стеклопластиковых труб в сетях водозаборов подземных вод, достаточно для широкого применения и полной замены водосборных и водораздаточных сетей водоснабжения населения крупных городов и поселений Центрального Черноземья.

Для ускорения развития этого направления следует внести соответствующие дополнения в законодательные и нормативные документы.

Список литературы

1. Гидрогеологические исследования на водозаборах Курской области с целью выработки рекомендаций по их оптимальной эксплуатации. – Белгород. Фонды НПФ «Экотон», 2006. – С. 157.
2. Позняков А.И., Петриченко В.П. О скоростях движения воды в сборных водоводах крупных береговых скважинных водозаборах // Известия юго-западного госуниверситета. – 20011. - №4.
3. СП 2296-002-26757545-2005 Трубы стеклопластиковые, насосно-компрессорные и обсадные. ООО НПП «Завод стеклопластиковых труб». – Казань, 2005.
4. Стеклопластиковые трубопроводы водоснабжения СП 40-104-2001 и канализации СП 40-105-2001 ЗАО «ПолиЭк». – Белгород, 2007.
5. Проектирование и монтаж подземных трубопроводов водоснабжения из стеклопластиковых труб. – М.: Госстрой России, 2001.
6. Абрамов Н.Н, Поспелова М.Н. и др. Расчет водопроводных сетей. – М.: Стройиздат, 1983.
7. Поздняков А.И. Петриченко В.П. О гидравлическом ударе в стальных сборных водоводах скважинных береговых водозаборов и замене их на стеклопластиковые трубы // Журнал ППС. – 2011. - №8.
8. Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. - М., 1949.
9. <http://www.flowtite.ru/faq/>

TECHNICALLY AND ECONOMICALLY RATIONAL APPLICATION OF FIBERGLASS PIPE IN DRAINAGE NETWORKS OF GROUNDWATER INTAKES OF CENTRAL CHERNOZEMYE

V.P. Petrichenko¹,
A.I. Poznyakov²

¹ Belgorod State National Research University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308000, Russia

E-mail: petrichenko.vitalij@yandex.ru

² Southwest State University, 50 Let Otyabrya St., 94, Kursk, 305040, Russia

E-mail: munke@mail.ru

The paper presents the current state of water intakes and catchment networks of groundwater in Belgorod and Kursk regions, built in the 70-80-s of the twentieth century using the steel pipes, and the new direction of using fiberglass pipes in the petroleum, chemical industry, water supply, which has multiple advantages. The article states the possibility and expediency of the total replacement of steel piping networks in water intakes to fiberglass that can give technical, economic benefits and increase the protection of water resources.

Key words: water intakes, groundwater, steel pipes, fiberglass pipes.