

УДК 621.643:678.067.5

DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-77-92

Л. В. Юченко, М. В. Вайнберг, А. А. Чураев

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ВОДОСНАБЖЕНИИ

Цель: раскрытие преимущества использования стеклопластиковых (композитных) труб при проектировании и строительстве водоводов для сельскохозяйственного водоснабжения. **Материалы и методы:** приведено описание материала композитных труб, их классификация, способы изготовления, области применения, соответствие различным требованиям, сравнение характеристик композитных и стальных труб при строительстве и эксплуатации. Методами служили анализ, синтез, сравнение. Гидравлический расчет выполнен в соответствии с СП 40-102-2001, СП 40-104-2001, СП 31.13330.2012. **Результаты:** показан пример предварительного расчета для выбора диаметра напорных труб из стеклопластика. В результате сравнения характеристик стальных труб с эпоксидным покрытием и стеклопластиковых очевидно преимущество последних по сроку эксплуатации (25 и 50 лет) и по удельному весу (7,85 и 1,9 г/см³ соответственно). Разница в затратах на ремонт и демонтаж сравниваемых труб 5400 руб./м, а при замене труб стеклопластиковыми на участке длиной 1000 м экономический эффект равен 5400000 руб. После замены участка системы водоснабжения, состоящего из стальных труб, трубами из композитного материала (по данным МУП «Владимирводоканал») снизились потери напора на 0,66 м и вырос расход воды на 30 л/с, или на 7,1 %. **Выводы:** при выборе материала труб для сельхозводоснабжения предлагается отдать предпочтение трубам из композитного материала, в т. ч. из стеклопластика. Их несложно монтировать, они устойчивы к коррозии и химическим воздействиям, разрешены санитарными нормами и имеют большой срок годности. С помощью таблиц для гидравлического расчета водопроводных труб и имеющихся данных завода-изготовителя несложно сделать предварительный гидравлический расчет напорного трубопровода. Пример практического использования стеклопластиковых труб при замене участка магистрального трубопровода и их расходно-напорные характеристики показывают, что при одинаковом напоре воды в замененных трубах увеличивается их пропускная способность.

Ключевые слова: сельскохозяйственное водоснабжение; композитные трубы; стеклопластик; коррозия; жесткость труб; расход; напор.

L. V. Yuchenko, M. V. Vaynberg, A. A. Churaev

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

FIBERGLASS PIPES APPLICATION IN AGRICULTURAL WATER SUPPLY

Objective: describing the advantages of using fiberglass (composite) pipes in design and construction of waterway for agricultural water supply. **Materials and Methods:** the description of the composite pipes material, their classification, manufacturing methods, fields of applications, compliance with various requirements, a comparison of composite and steel pipes characteristics during construction and operation is given. Analysis, synthesis and



comparison were the methods used. The hydraulic calculation was performed in accordance with Sanitary Rules 40-102-2001, SR 40-104-2001, SR 31.13330.2012. **Results:** an example of preliminary calculation for choosing the diameter of fiberglass pressure pipes is given. As a result of comparing the characteristics of epoxy coated steel pipes and fiberglass pipes, the advantage of the latter in terms of service life (25 and 50 years) and specific density (7.85 and 1.9 g per cm³, respectively) is obvious. The difference in the costs of repair and dismantling of the compared pipes is 5400 rubles per m, when replacing the pipes with fiberglass ones on a 1000 m long section, the economic effect is equal to 5400000 rubles. After replacing a section of water supply system consisting of steel pipes with composite pipes pressure losses decreased by 0.66 m and water consumption increased by 30 l per s, or 7.1 % (according to the data of Municipal Unitary Enterprise “Vladimirvodokanal”). **Conclusions:** when choosing pipe material for agricultural water supply, it is proposed to give priority to composite pipes, including fiberglass. They are easy to install, they are resistant to corrosion and chemical exposure, are allowed by sanitary standards and have a long application time. Using tables for hydraulic calculation of water pipes and the available manufacturer's data, it is easy to make a preliminary hydraulic calculation of the pressure pipe. An example of the practical use of fiberglass pipes when replacing a section of the main pipeline and their head-pressure characteristics show that their discharge capacity in the replaced pipes increases at the same water pressure.

Key words: agricultural water supply; composite pipes; fiberglass; corrosion; pipe stiffness; flow rate; pressure.

Введение. Водоснабжение сельскохозяйственных объектов имеет большое значение для успешного развития всех отраслей сельскохозяйственного производства. В настоящее время в области водоснабжения сельской местности наметилась тенденция к увеличению доли строительства водопроводов коммунально-бытового назначения для крупных населенных пунктов и локальных систем водоснабжения для крестьянских (фермерских) хозяйств [1].

Основной проблемой эксплуатации закрытых водоводов для сельскохозяйственного водоснабжения является их быстрое старение и возникновение коррозионных процессов. Избежать разрушительных процессов или снизить их возможно при правильном выборе материала труб [2]. На современном этапе это могут быть трубы из композитного материала, которые обладают высокой прочностью и широко применяются во всем мире. Преимущества использования таких труб: малый вес, неприхотливость монтажа и сокращение затрат на восстановительные работы вследствие конструктивных особенностей труб, устойчивость к коррозии и химическому воздействию, отсутствие необходимости проведения защитных

мероприятий, отсутствие отложений на внутренней поверхности, срок службы до 50 лет [3].

Материалы и методы. Композитные трубы – изделия, созданные по композитной технологии из двух и более материалов. Материалы разнообразны и в отдельности сохраняют свои неизменные свойства, но при их соединении с помощью новейших технологий образуется комплекс, в котором они приобретают новые свойства, отличные от своих составляющих. Основное преимущество многослойных композитных труб в системе водоснабжения – это малая кислородопроницаемость и повышенная прочность на разрыв в сочетании с гибкостью и коррозионной стойкостью. Чаще всего композитные трубы производят из специального волокна и пропитывают специальной смолой. В зависимости от целей использования волокна могут быть базальтовыми, стеклянными, углеродными, а смолы – полиэфирными, эпоксидными или фенольными [4]. Стекловолокно – один из самых дешевых и доступных материалов. Преимущество труб из стекловолокна (стеклопластиковых) в том, что они могут изготавливаться с различными механическими свойствами в зависимости от укладки и толщины накладываемого волокна. Их механические характеристики зависят от метода армирования, укладка волокон может происходить вдоль оси и вокруг нее с различными числами повторности. Изготовленные стеклопластиковые трубы должны соответствовать техническим условиям ГОСТ Р 53201-2008¹.

Стеклопластиковые трубы для водоснабжения выполняют все требования гигиенического норматива ГН 2.3.3.972-2000² и соответствуют трубам, контактирующим с питьевой водой.

¹ ГОСТ Р 53201-2008. Трубы стеклопластиковые и фитинги. Технические условия. – Введ. 2010-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 38 с.

² Гигиена питания. Тара, посуда, упаковка, оборудование и другие виды продукции, контактирующие с пищевыми продуктами. Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами. Гигиенические нормативы: ГН 2.3.3.972-2000: утв. Гл. гос. санитар. врачом Рос. Федерации 29.04.00: введ. в действие с 01.08.00. – М.: Федер. центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000. – 64 с.

В настоящее время разработаны три основных конструктивных типа стеклопластиковых труб: однослойные, двухслойные и многослойные. Каждый конструктивный тип постоянно модернизируется с использованием новых материалов, и соответственно совершенствуется технология изготовления. В системе питьевого водоснабжения широко используются классические однослойные стеклопластиковые трубы. Стенка такой трубы имеет инертную высокопрочную структуру и состоит из двухкомпонентного композита «лайнера», конструкционного стеклопластикового слоя и внешнего слоя (гелькоута). Внутренняя поверхность трубы с двухкомпонентным композитом «лайнер» имеет толщину от 0,2 до 0,8 мм. Назначение двухкомпонентного композита – снизить коэффициент гидравлического сопротивления внутри трубы и обеспечить ее соответствие санитарно-гигиеническим нормам. Он состоит из низкоплотного стеклосодержащего материала, пропитанного эпоксидными смолами, содержание которых достигает 60–70 % от общей массы, что позволяет также увеличить химическую стойкость трубы. Конструкционный стеклопластиковый слой состоит из стеклянных нитей, пропитанных связующими смолами, и обеспечивает механическую прочность при воздействии внешних и внутренних нагрузок. Внешний слой (гелькоут) обеспечивает стойкость к воздействию влаги, атмосферных явлений, ультрафиолетовых лучей и химических веществ. К преимуществам однослойных стеклопластиковых труб также можно отнести то, что свойства внутренней поверхности трубы увеличивают скорость потока подаваемой воды и препятствуют зарастанию отложениями поперечного сечения. В результате появляется возможность применять трубы меньшего диаметра и снижать энергозатраты на работу насосов. Данные стеклопластиковые трубы не подвержены коррозии, обладают малым удельным весом и не требуют специальных защитных покрытий. Двухслойные и трехслойные стеклопластиковые конструкции труб приме-

няются в основном для транспортировки нефтепродуктов и газосодержащих сред [5].

Стеклопластиковые трубы для сельхозводоснабжения классифицируются по жесткости, номинальному давлению и внутреннему диаметру [6]. Жесткость стеклопластиковых труб – основная характеристика, которая указывает на способность трубы выдерживать статическое и динамическое воздействие грунта и движения транспорта, а также отрицательное внутреннее давление. Жесткость трубы определяет и толщину ее стенки. Чем толще стенка, тем выше жесткость и способность к сопротивлению нагрузкам.

В таблице 1 приведены показатели жесткости труб, разделенные на классы, в разных системах стандартизации (ISO, DIN, ASTM) [7].

Таблица 1 – Показатели класса жесткости труб в различных системах стандартизации

| Система стандартизации | Обозначение | Единица измерения | Класс жесткости | | |
|------------------------|----------------|------------------------|-----------------|---------|----------|
| | | | SN 2500 | SN 5000 | SN 10000 |
| ISO | S_p | Н ² /м (Па) | 2500 | 5000 | 10000 |
| DIN | S_2 | Н/мм (МПа) | 0,02 | 0,04 | 0,08 |
| ASTM | $F / \Delta y$ | Psi | 20 | 40 | 80 |

Классификация по номинальному давлению (PN) отображает градацию стеклопластиковых труб относительно безопасного давления жидкости при температуре +20 °С в течение всего срока службы (порядка 50 лет), давление измеряется в мегапаскалях. Для труб из композитных материалов, транспортирующих воду, номинальное давление (PN) соответствует постоянному максимальному рабочему давлению (MOP) (создаваемому водой при 20 °С) с учетом минимального коэффициента запаса прочности (10^5 Па (бар) = 0,1 МПа). Максимальное рабочее давление учитывает физические и механические характеристики элементов трубопровода и вычисляется по формуле:

$$MOP = \frac{20MRS}{C(SDR - 1)},$$

где MRS – минимальная длительная прочность (напряжение, полученное путем экстраполяции на срок службы 50 лет в результате испытаний труб на стойкость к внутреннему гидростатическому давлению воды при ее температуре 20 °С);

C – коэффициент запаса прочности, принимаемый равным 1,25 для водопровода из стеклопластиковых труб;

SDR – стандартное размерное соотношение, равное отношению номинального наружного диаметра трубы к номинальной толщине стенки.

Максимально допустимый уровень рабочего давления (в МПа) для каждого из классов жесткости следующий: SN 2500 – 0,4 МПа, SN 5000 – 1 МПа, SN 10000 – 2,5 МПа.

Выпускаемые в России стеклопластиковые трубы полностью соответствуют международным стандартам для трубопроводов и российским техническим условиям [8].

Стеклопластиковые трубы могут быть изготовлены методом радиально-перекрестной (РПН), косослойной продольно-поперечной (КППН) и непрерывной продольно-поперечной (НППН) намотки, с применением армирующего наполнителя из ровинга или стеклянных комплексных нитей, базальтовых нитей и комбинированного армирующего материала. Основные физико-механические показатели материала труб, изготовленных в соответствии с ТУ 2296-00226612968³, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные физико-механические показатели материала труб из стеклопластика

| Показатель | Труба РПН с углом намотки 52–57° | Труба КППН и НППН |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Предел прочности при растяжении в окружном направлении, МПа, не менее | 250 | 300 |
| Предел прочности при растяжении в осевом направлении, МПа, не менее | 100 | 120 |

³ Трубы стеклопластиковые и соединительные детали. Технические условия: ТУ 2296-002-26612968-2000: утв. Генер. директором ЗАО «Пласт» 28.12.00. – Пермь, 2000. – 15 с.

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|
| Модуль упругости в окружном направлении, МПа, не менее | 17000 | 24000 |
| Модуль упругости в осевом направлении, МПа, не менее | 10000 | 9000 |
| Коэффициент линейного расширения (осевой), $10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ | 0,24 | 0,2 |
| Плотность, г/см^3 | 1,75–2,0 | 1,6–1,8 |
| Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ | 0,3–0,4 | 0,3–0,4 |
| Удельная теплоемкость, $\text{кДж/}^\circ\text{C}$ | 1,0–1,25 | 0,9–1,3 |
| Коэффициент Пуассона | 0,3–0,4 | 0,2–0,3 |

На рисунке 1 показано строительство магистрального трубопровода из композитного материала (стеклопластика) в Саратовской области.



Рисунок 1 – Строительство магистрального трубопровода (фото ООО «Новые трубные технологии»)

Перечень известных производителей армированных стекловолокном труб, которые могут применяться для сельхозводоснабжения, довольно широк, и наиболее известные организации: завод – производитель композитных материалов «Армпласт» (г. Нижний Новгород, Ростов-на-Дону); ООО «Технологии стеклопластиковых трубопроводов» (г. Пермь); Завод стеклопластиковых труб (г. Зеленодольск); Нальчикский завод композитных

материалов (г. Нальчик); ТОО «НефтьПромСнаб» (г. Кызылорда); ООО «Группа компаний ПОЛекс» (г. Москва, Уфа, Самара, Ростов-на-Дону, Санкт-Петербург, Казань, Екатеринбург, Нижний Новгород); промышленная компания «Стеклокомпозит» (г. Москва); ООО «Краснодарский завод композитных труб» (г. Краснодар) и т. п.

Результаты и обсуждение. Выбор стеклопластиковых труб по диаметру осуществляется на основании гидравлического расчета и по толщине стенки, а также на основании прочностного расчета с учетом конкретных условий для проектируемого трубопровода. Гидравлический расчет сетей водоснабжения из стеклопластиковых труб выполняется в соответствии с требованиями СП 40-102-2001⁴, СП 40-104-2001⁵, СП 31.13330.2012⁶.

Рассмотрим пример предварительного расчета напорного трубопровода из стеклопластика для подачи воды сельскохозяйственному потребителю. Исходные данные: требуется подать воду на расстояние $l = 800$ м в количестве $Q = 400$ л/с, разность отметок поверхности земли на начальном и конечном участке трубопровода $V_2 - V_1 = 20$ м. Определяем внутренний диаметр трубы (d , мм), необходимый напор потребителю (H , м) и рабочее давление (P , атм.). С помощью «Таблиц для гидравлического расчета водопроводных труб» [9] находим условный диаметр трубы (D_y), который равен 600 мм при расходе 400 л/с.

Из ТУ 2296-002-26612968-2000 и СП 40-104-2001 по номенклатуре изготовителя стеклопластиковых труб находим номинальный диаметр труб

⁴ Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования: СП 40-102-2000: утв. Госстроем России 16.08.00. – М.: Госстрой России, ЦПП, 2000. – 41 с.

⁵ Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж подземных трубопроводов водоснабжения из стеклопластиковых труб: СП 40-104-2001: утв. Госстроем России 12.03.01. – М.: Госстрой России, ЦПП, 2001. – 14 с.

⁶ Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84: СП 31.13330.2012: утв. Минрегионом России 29.12.11: введ. в действие с 01.01.13. – М.: Кодекс, 2013. – 121 с.

$ND = 600$ мм, наиболее приемлемые в первом приближении значения номинального давления $SN = 5000$ Па и номинального давления $PN = 6$ атм. Внутренний диаметр трубопровода (d_b , мм) уточняется в соответствии с данными завода-изготовителя по фактическим значениям (в нашем случае $d_b = 595$ мм).

Для определения потерь напора (H , м) используется данная разность отметок поверхности земли (20 м) и формула из технических рекомендаций [10]:

$$H = H_p + i \cdot (1,1 \cdot l),$$

где H_p – разность отметок на начальном и конечном участке трубопровода, м;

i – гидравлический уклон, принимаемый по таблице Ф. А. Шевелева в зависимости от внутреннего диаметра и расхода трубопровода [9];

1,1 – коэффициент, учитывающий местные потери на трение (принимается равным 1,1);

l – длина трубопровода, м.

Таким образом, определено, что при $d_b = 595$ мм и $Q = 400$ л/с гидравлический уклон и скорость потока воды составляют соответственно $1000 i = 2,468$ м и $V = 1,44$ м/с. Подставляем данные в формулу и определяем потери напора:

$$H = 20 + \frac{2,468}{1000}(1,1 \cdot 500) = 20 + 1,357 = 21,355 \text{ м вод. ст.}$$

Для создания напора 21,35 м вод. ст. (2,07 атм.) достаточным будет рабочее давление до 4 атм., которое имеют стеклопластиковые трубы (в соответствии с номенклатурой завода-изготовителя).

При необходимости увеличения напора $H > 4$ атм. следует сделать перерасчет с увеличением внутреннего диаметра трубопровода. При проведении приближенных гидравлических расчетов следует пользоваться номограммой в приложении СП 40-104-2001.

В большинстве случаев при эксплуатации стальных водопроводящих труб причиной возникновения проблем с внутренним диаметром труб является коррозия. Разрушению внешней поверхности стальных труб способствует воздействие грунта и блуждающие токи. Стеклопластиковые трубы не подвержены коррозии, невосприимчивы к блуждающим токам, химически стойки и служат значительно дольше.

Рассмотрим таблицу 3 сравнительных характеристик при эксплуатации стальных труб с эпоксидным покрытием и стеклопластиковых [11].

Таблица 3 – Сравнительная характеристика материалов труб

| Показатель | Материал трубы | |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Стальная с эпоксидным покрытием | Стеклопластиковая |
| 1 Коррозионная устойчивость | Для того чтобы избежать внутренней коррозии, требуется дополнительное эпоксидное покрытие. Наружная поверхность также должна быть покрыта каким-либо защитным слоем | Хорошая |
| 2 Срок эксплуатации | Из-за коррозии срок эксплуатации составляет 20–25 лет | Более 50 лет |
| 3 Обслуживание | Внешнее покрытие может шелушиться по истечении времени из-за повреждений при перевозке, монтаже и окружающей среды. Требуется периодическое обслуживание | Не требуется |
| 4 Подземное применение | Срок службы снижается из-за возникновения коррозии на внешней поверхности трубы | Оптимальный вариант для конкретных условий, исходя из внутреннего давления и требований жесткости |
| 5 Вес | В 3–4 раза тяжелее стеклопластиковых | Легкие |
| 6 Удельный вес | 7,85 г/см ³ | 1,8–1,9 г/см ³ |
| 7 Шероховатость внутренней поверхности | Коэффициент Хазена – Вильямса $C = 120$ | Коэффициент Хазена – Вильямса $C = 150$ |
| 8 Толщина стенки | При определенном давлении толщина стенки больше, чем у стеклопластиковых труб | Малая |
| 9 Предел прочности на разрыв | Минимально 420 МПа | 300–375 МПа |
| 10 Модуль упругости | 40–240 МПа | 35 МПа |
| 11 Гидроудар | Большой гидроудар. Требуется специальное устройство | Наилучший показатель среди труб |
| 12 Укладка, манипулирование | Сложные ввиду большого веса трубы | Простые ввиду малого веса трубы |

Сравним стоимость стальных ($d = 620$ мм) и стеклопластиковых труб ($d = 600$ мм) длиной 6 м при текущем ремонте и демонтаже изношенных труб на участке водовода длиной 1000 м (таблица 4). При сравнении брались средние цены без учета цен на технику [3] и согласно нормативу ГЭСН 81-02-22-2017⁷.

Таблица 4 – Сравнительная характеристика затрат на ремонт и демонтаж труб

| Наименование | Единица измерения | Материал трубы | |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|----------|
| | | Стеклопластиковая | Стальная |
| Стоимость трубы | руб./пог. м | 6000 | 10000 |
| Срок службы | лет | 50 | 25 |
| Сметная стоимость монтажа одной трубы | руб. | 1200 | 1800 |
| Сметная стоимость демонтажа одной трубы | руб. | 800 | 1600 |
| Сметная стоимость замены одной трубы | руб. | 8000 | 13400 |
| Разница в затратах на новую стальную и стеклопластиковую трубу на 1 м | руб. | 13400 – 8000 = 5400 | |
| Разница в затратах на новую стальную и стеклопластиковую трубу на 1000 м | руб. | 5400 × 1000 = 5400000 | |

Из данных таблицы 4 очевиден экономический эффект при применении стеклопластиковых труб. Разница между новой стальной и стеклопластиковой трубой длиной 1 м составляет 5400 руб. Если планируется менять трубы на стеклопластиковые на участке длиной 1000 м, то экономия по сравнению со стальными составит 5400000 руб.

В качестве примера эффективного практического использования стеклопластиковых труб можно привести замену магистрального участка стального трубопровода системы водоснабжения во Владимирской области (по данным МУП «Владимирводоканал», 2015 г.). На участке длиной 5 км стальные трубы были заменены композитными трубами из стеклопластика диаметром 1000 мм. Общие потери напора в стальном трубопроводе на данном участке составляли 8,38 м, а после замены трубопроводом

⁷ Государственные элементные сметные нормы на строительные и специальные строительные работы. Сб. 22. Водопровод – наружные сети: ГЭСН 81-02-22-2017: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-коммун. хоз-ва Рос. Федерации 30.12.16: введ. в действие с 15.06.17. – М., 2017. – 70 с.

из стеклопластика потери напора по длине составили 7,72 м. Расходно-напорные характеристики данного участка трубопровода до замены труб из стали и после замены трубами из композита представлены на рисунке 2.

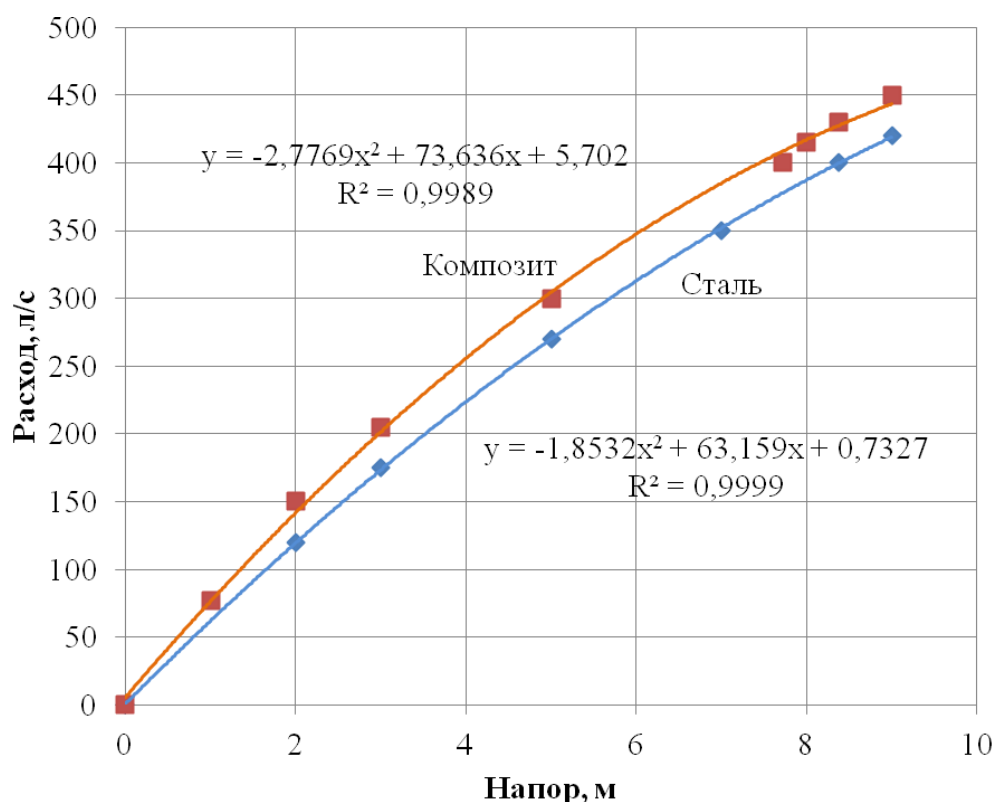


Рисунок 2 – Расходно-напорные характеристики участков трубопровода из стали и композитного материала

Расходно-напорные характеристики (рисунок 2) показывают, что с заменой труб на ремонтируемом участке при одинаковом напоре увеличился расход воды, это можно объяснить уменьшением шероховатости труб, снижением потерь напора по длине, обусловленным уменьшением гидравлического сопротивления внутри трубы, и, как следствие, увеличением пропускной способности композитной трубы по сравнению со стальной трубой.

Выводы. При выборе материала труб для сельхозводоснабжения предлагается отдать предпочтение трубам из композитного материала, в т. ч. из стеклопластика. Трубы из стеклопластика несложно монтировать, они имеют небольшой вес, устойчивы к коррозии и химическим воздействиям, разрешены санитарными нормами, имеют большой срок годности.

Выпускаемые в России стеклопластиковые трубы соответствуют международным стандартам для трубопроводов, применяемым в водоснабжении, и российским техническим условиям. Разработанная нормативная документация на стеклопластиковые трубы позволяет самостоятельно проводить предварительный расчет диаметра напорного трубопровода для подачи воды сельскохозяйственному потребителю. Большой ассортимент выпускаемых стеклопластиковых труб позволяет подобрать оптимальные трубы, обеспечивающие создание надежной системы водоснабжения, для конкретных условий эксплуатации.

Сравнительная характеристика труб (таблицы 3 и 4) показывает, что применение стеклопластиковых труб технически и экономически целесообразно при строительстве закрытых водоводов. В одинаковых условиях эксплуатации они имеют преимущества перед распространенными стальными трубопроводами.

Пример практического использования стеклопластиковых труб при замене участка магистрального трубопровода и их расходно-напорные характеристики показывают, что при одинаковом напоре воды в замененных трубах увеличивается их пропускная способность.

Список использованных источников

1 Ольгаренко, Г. В. Развитие научного обеспечения в области сельскохозяйственного водоснабжения / Г. В. Ольгаренко, А. А. Алдошкин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 1. – С. 35–37.

2 Алдошкин, А. А. Проведение реконструкции и эксплуатации систем сельскохозяйственного водоснабжения: науч. изд. / А. А. Алдошкин, Г. В. Ольгаренко. – Коломна: Радуга, 2011. – 206 с.

3 Применение стеклопластиковых труб и новых композиционных материалов для инженерных сетей водоснабжения и водоотведения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.c-o-k.ru/articles/primenenie-stekloplastikovyh-trub-i-novyh-kompozicionnyh-materialov-dlya-inzhenernyh-setey-vodosnabzheniya-i-vodootvedeniya>, 2019.

4 Композитные трубы: характеристика и назначение. Особенности монтажа и эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://plot.kz/stati/spravochnye-materialy/kompozitnye-truby-harakteristiki-i-naznachenie-osobennosti-montazha-i-ekspluatsii/>, 2019.

5 Основные типы стеклопластиковых труб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.amac.md/Biblioteca/data/25/09/32.2.pdf>, 2019.

6 Бухин, В. Е. Стеклопластиковые трубы / В. Е. Бухин // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 1(17). – С. 32–33.

7 Лозовой, В. Н. Варианты использования комбинированных типов водоводов (открытых и закрытых) с целью снижения фильтрационных потерь воды: науч. обзор [Электронный ресурс] / В. Н. Лозовой, А. П. Васильченко. – Новочеркасск, 2012. – 27 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm.ru/izdan/2012/Lozovoi.pdf>, 2019.

8 Мясоедова, В. В. Новые полимерные композиционные материалы для внутридомовых распределительных сетей холодного и горячего водоснабжения / В. В. Мясоедова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2002. – № 7. – С. 8–10.

9 Шевелев, Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справ. пособие / Ф. А. Шевелев, А. Ф. Шевелев. – 10-е изд., доп. – М.: Бастет, 2014. – 381 с.

10 Технические рекомендации. Методические положения. Проектирование подземных трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения из стеклопластиковых труб, изготовленных методом непрерывной намотки. – Ч. 1 (1-я ред.). – М.: Новая труб. технология, 2007. – 88 с.

11 Грейлих, В. И. Трубы из эпоксидной смолы для передачи питьевой воды и тепла – будущее РФ [Электронный ресурс] / В. И. Грейлих. – Режим доступа: <http://www.metro-polis.ru/articles/grp/gre-future/>, 2019.

References

1 Ol'garenko G.V., Aldoshkin A.A., 2006. *Razvitie nauchnogo obespecheniya v oblasti sel'skokhozyaystvennogo vodosnabzheniya* [Development of scientific support in the field of agricultural water supply]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 1, pp. 35-37. (In Russian).

2 Aldoshkin A.A., Ol'garenko G.V., 2011. *Provedenie rekonstruktsii i ekspluatatsii sistem sel'skokhozyaystvennogo vodosnabzheniya: nauch. izd.* [Reconstruction and Operation of Agricultural Water Supply Systems: scientific edition]. Kolomna, Rainbow Publ., 206 p. (In Russian).

3 *Primenenie stekloplastikovykh trub i novykh kompozitsionnykh materialov dlya inzhenernykh setey vodosnabzheniya i vodootvedeniya* [Fiberglass Pipes and New Composite Application for Engineering Networks of Water Supply and Sanitation], available: <https://www.c-o-k.ru/articles/primenenie-stekloplastikovykh-trub-i-novykh-kompozitsionnykh-materialov-dlya-inzhenernykh-setey-vodosnabzheniya-i-vodootvedeniya> [accessed 2019]. (In Russian).

4 *Kompozitnye truby: kharakteristika i naznachenie. Osobennosti montazha i ekspluatatsii* [Composite Pipes: Characteristics and Purpose. Features of Installation and Operation], available: <https://plot.kz/stati/spravochnye-materialy/kompozitnye-truby-harakteristiki-i-naznachenie-osobennosti-montazha-i-ekspluatatsii/> [accessed 2019]. (In Russian).

5 *Osnovnye tipy stekloplastikovykh trub* [The Main Types of Fiberglass Pipes], available: <http://www.amac.md/Biblioteca/data/25/09/32.2.pdf> [accessed 2019]. (In Russian).

6 Bukhin V.E., 2002. *Stekloplastikovye truby* [Fiberglass pipes]. *Novosti teplosnabzheniya* [Heat Supply News], no. 1(17), pp. 32-33. (In Russian).

7 Lozovoy V.N., Vasil'chenko A.P., 2012. *Varianty ispol'zovaniya kombinirovannykh tipov vodovodov (otkrytykh i zakrytykh) s tsel'yu snizheniya fil'tratsionnykh poter' vody: nauch. obzor* [Variants of Using Combined Types of Waterways (Open and Closed) to Reduce Filtration Water Losses: scientific review]. Novocherkassk, 27 p., available: <http://www.rosniipm.ru/izdan/2012/Lozovoi.pdf> [accessed 2019]. (In Russian).

8 Myasoedova V.V., 2002. *Novye polimernye kompozitsionnye materialy dlya vnutri-domovykh raspredelitel'nykh setey kholodnogo i goryachego vodosnabzheniya* [New polymer composite materials for intra-house distribution networks of cold and hot water supply]. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* [Construction Materials, Equipment, Technologies of the 21st Century], no. 7, pp. 8-10. (In Russian).

9 Shevelev F.A., Shevelev A.F., 2014. *Tablitsy dlya gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnykh trub: sprav. posobie* [Tables for Hydraulic Calculation of Water Pipes: reference book]. 10th ed., Moscow, Bastet Publ., 381 p. (In Russian).

10 *Tekhnicheskie rekomendatsii. Metodicheskie polozeniya. Proektirovanie podzemnykh truboprovodov sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya iz stekloplastikovykh trub, izgotovlennykh metodom nepreryvnoy namotki* [Technical recommendations. Methodical provisions. Design of underground pipelines of water supply and sanitation systems from fiberglass pipes made by continuous winding]. Part 1 (1st ed.). Moscow, New Pipes Technology Publ., 2007, 88 p. (In Russian).

11 Greylich V.I., 2019. *Truby iz epoksidnoy smoly dlya peredachi pit'evoy vody i tepla – budushchee RF* [Epoxy pipes for the transfer of drinking water and heat - the future of the Russian Federation], available: <http://www.metro-polis.ru/articles/grp/gre-future/> [accessed 2019]. (In Russian).

Юченко Любовь Васильевна

Должность: научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Yuchenko Lyubov Vasilyevna

Position: Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Вайнберг Мария Владимировна

Должность: научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Vaynberg Mariya Vladimirovna

Position: Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Чураев Александр Анатольевич

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: заместитель директора по науке

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: churaev75@mail.ru

Churaev Aleksandr Anatolyevich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Deputy Director of Science

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: churaev75@mail.ru