



ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВАРТОСТІ І ПРОКЛАДАННЯ ТРУБ ДЛЯ ЗОВНІШНІХ МЕРЕЖ ВОДОПОСТАЧАННЯ

А. П. Каложний

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка,

Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, Україна, 36011.

E-mail: anatoliy1975@mail.ru

Отримана 20 вересня 2010; прийнята 26 листопада 2010.

Анотація. Виконано економічний аналіз існуючих цін на труби для прокладання зовнішніх мереж водопостачання в залежності від матеріалу їх виготовлення. Складено поліноми для основних труб, які використовуються при прокладанні або заміні в зовнішніх системах водопостачання і визначено оптимальні цінові характеристики, при яких труби, зроблені з різних матеріалів, найбільш економічні. Для побудови математичних залежностей капітальних затрат на прокладання поліетиленових труб від діаметра та типу ґрунтів, було обумовлено певний перелік робіт, при яких ці труби повинні прокладатись і розділено поліетиленові труби в залежності від мінімальної тривалої міцності. Викладена методика може використовуватись в розрахунках при розробці кошторисів на прокладання поліетиленових труб в різних ґрунтах. Результати досліджень можуть бути корисні для аналізу і методики розрахунку оптимального діаметра труб при сумісному розв'язанні задач гідравліки і економіки при прокладанні трубопроводів із поліетилену.

Ключові слова: зовнішні мережі водопостачання, труби із поліетилену, затрати капітальні, прокладання труб.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТОИМОСТИ И ПРОКЛАДКИ ТРУБ ДЛЯ ВНЕШНИХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А. П. Каложный

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка,

Первомайский проспект, 24, г. Полтава, Украина, 36011.

E-mail: anatoliy1975@mail.ru

Получена 20 сентября 2010; принята 26 ноября 2010.

Аннотация. Выполнен экономический анализ существующих цен на трубы для прокладки наружных сетей водоснабжения в зависимости от материала их изготовления. Составлены полиномы для основных труб, используемых при прокладке или замене во внешних системах водоснабжения и определены оптимальные ценовые характеристики, при которых трубы, сделанные из различных материалов, наиболее экономичны. Для построения математических зависимостей капитальных затрат на прокладку полиэтиленовых труб от диаметра и типа почв, был обусловлен определенный перечень работ, при которых эти трубы должны прокладываться, и произведено разделение полиэтиленовых труб в зависимости от минимальной длительной прочности. Изложенная методика может использоваться в расчетах при разработке сметы на прокладку полиэтиленовых труб в различных почвах. Результаты исследований могут быть полезны для анализа и методики расчета оптимального диаметра труб при совместном решении задач гидравлики и экономики при прокладке трубопроводов из полиэтилена.

Ключевые слова: наружные сети водоснабжения, трубы из полиэтилена, затраты капитальные, прокладка труб.

COMPARATIVE ANALYSIS OF COST AND PIPELINE LAYING FOR EXTERNAL WATER SUPPLY NETWORKS

Anatoliy Kaliuzhniy

Yury Kondratyuk Poltava National Technical University

24, Pershotravnevy Av., Poltava, Ukraine, 36011.

E-mail: anatoliy1975@mail.ru

Received 20 September 2010; accepted 26 November 2010.

Abstract. The economic analysis of the current prices for the laying of pipes for external water supply networks depending on the material they made of has been undergone. The polynomials for the main pipes used for laying or replacement in the external water supply networks and the optimum price performance, in which the pipes made of different materials are the most economical have been made up. To construct the mathematical dependencies, capital costs for laying a plastic pipe diameter and type of soil have been determined by a specific list of works at which the pipes have to lay and the polyethylene pipes have been separated in dependence of the minimum long-term durability. The given technique can be used in calculation of cost estimates developed for laying plastic pipes in different kind of soils. The findings of the investigations can be used for analysis and the design techniques of optimum diameter of pipes at joint solution of problems in hydraulics and economics for laying polyethylene pipelines.

Keywords: external water supply networks, polyethylene pipes, capital costs, pipeline laying.

Зараз усе частіше постає питання, які ж труби необхідно використовувати при заміні або прокладанні зовнішніх мереж водопостачання, тому

що частка аварійних мереж, як у міській, так і в сільській місцевості України (рис. 1) досить значна і сягає до 40 % [1].

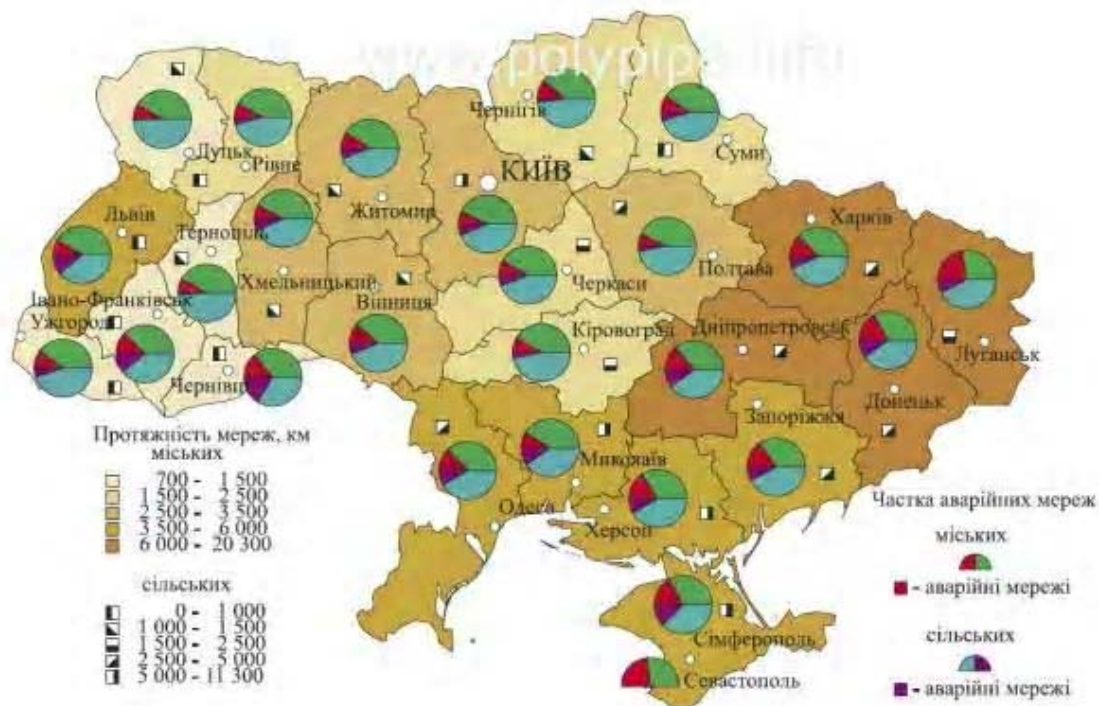


Рисунок 1. Стан водопровідних мереж в Україні за даними сайта <http://www.polypipe.info>.

На сьогоднішній момент відомі такі основні матеріали труб, що використовуються для прокладання зовнішніх мереж водопостачання: сталь, чавун, пластмаса, залізобетон та азбестоцемент [2–6]. Але на ринку товарів і послуг України та Росії виробники продукції, в основному, пропонують для прокладання зовнішніх мереж водопостачання використовувати труби трьох основних типів матеріалів: сталеві за ГОСТ 3262-75, 10704-91, 8732-78 (ст. 20), чавунні із шароподібним графітом ВЧШГ за ТУ 1461-037-50254094-2008, поліетиленові (з полімерних матеріалів) за ДСТУ Б В.2.7-151:2008.

Зараз широко почали представляти різні труби для зовнішнього водопостачання із полімерних матеріалів: поліетиленові (ПЕ), поліпропіленові (ПП), полівінілхлоридні (ПВХ). Введено в дію новий міждержавний ГОСТ 18599-2001 «Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия» [7], але України немає в складі тих держав, які розробили вказаний ГОСТ. Тому в Україні були розроблені окремі ДСТУ [8, 9] для різних видів полімерних труб, а окремі промислові підприємства, які виробляють труби із полімерних матеріалів, розробили свої ТУ [10]. Виникає завдання узагальнення характеристик та побудови математичних залежностей капітальних затрат на прокладання труб від діаметра та матеріалу цих труб.

Аналіз останніх досліджень [11] показує, що сумарне використання напірних труб із полімерів на внутрішньому ринку нашої країни за останні три роки збільшилось на 38 %, причому використання напірних поліетиленових труб із 2005 р. по 2006 р. збільшилось на 20 %, а з 2006 р. по 2007 р. – на 15 %. Це підтверджує актуальність аналітичного аналізу для побудови відповідних математичних узагальнень.

Труби з полімерів у порівнянні з трубами з інших матеріалів (сталь, чавун, азбестоцемент, залізобетон і т. ін.), мають ряд переваг, а саме: малу вагу, значний термін служби, корозійну стійкість, високу надійність та малу трудомісткість при прокладанні.

Труби, які виготовляються з таких матеріалів, як залізобетон та азбестоцемент, мало використовуються через їх невеликий термін служби, що складає приблизно 20–25 років, та значну вартість виготовлення і монтажу цих трубопроводів [12]. Тому надалі були зроблені

розрахунки лише для трьох основних матеріалів труб, з яких вони виготовляються: сталі, чавуну та поліетилену [13–16].

Було проаналізовано ринок виробників труб і побудовано квадратичні функції ліній тренда вартості на різні типи труб залежно від їх діаметра за допомогою майстра діаграм «Microsoft Excel» (рис. 2), які мають такий вигляд:

- 1) для сталевих труб $C_{сталь} = 0,281 x^{1,38}$, грн.;
- 2) для чавунних труб $C_{чавун} = 0,724 x^{1,153}$, грн.;
- 3) для поліетиленових $C_{ПЕ} = 0,0095 x^{1,87}$, грн.

З отриманих формул видно, що при прокладанні зовнішніх мереж водопостачання мінімальна вартість труб $C_{опт.1}$ за типами є такою:

– виготовлені з поліетилену (пластмасові): від $\varnothing 50$ до 500 мм;

– виготовлені з чавуну: від $\varnothing 550$ до 1200 мм.

Сталеві трубопроводи в ціні програють як поліетиленовим, так і чавунним. Але, як варіант, у тих регіонах, де неможливо використати чавунні труби з розтрубним з'єднанням, можливе прокладання поліетиленових або сталевих труб за допомогою зварювання. У цьому випадку $C_{опт.2}$ буде знаходитись у такому проміжку типів труб:

– виготовлені з поліетилену: від $\varnothing 50$ до 800 мм;

– виготовлені зі сталі: від $\varnothing 900$ до 1200 мм.

Труби із поліетилену в даний час широко використовуються в комунальному та виробничому водопостачанні при монтажі зовнішніх мереж. Попередній аналіз вартості труб, які виготовляють підприємства України і Росії, показав, що ціни суттєво відрізняються. Для детального аналізу було розділено поліетиленові труби по мінімальній тривалій міцності (тиску – p) на групи згідно з [7]: а) $p \leq 6,3 \text{ атм.}$; б) $6,3 \text{ атм.} < p \leq 10,0 \text{ атм.}$; в) $p > 10,0 \text{ атм.}$

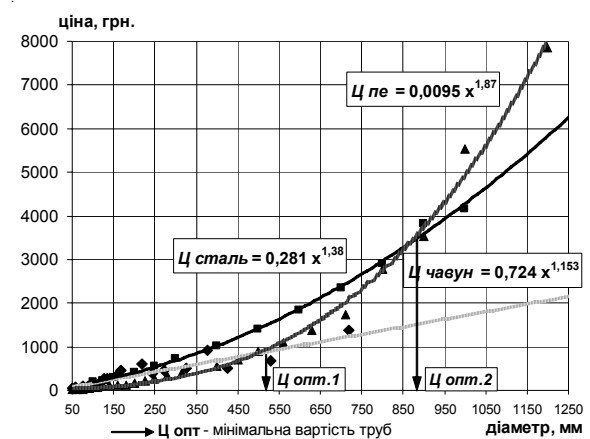


Рисунок 2. Залежність вартості труби від діаметра.

Для побудови математичних залежностей капітальних затрат на прокладання труб від діаметра та типу ґрунтів, були прийняті характерні ґрунти, глибина закладання $h_{\text{гпр}} = 1,5 \text{ м}$, довжина ділянки $l = 100,00 \text{ м}$ та перелік виконання необхідних робіт.

Були взяті ґрунти [17], які найбільш поширені на території центральної України:

— верхній шар – ґрунт рослинного походження ($h = 0,30 \text{ м}$);

— нижній шар – або пісок, або супісок, або глина, або суглинок ($h = 1,20 \text{ м}$) без домішок або із домішками щебеню, гальки, гравію.

Відповідно до [18] було визначено перелік робіт з прокладання труб із поліетилену:

1. Розроблення ґрунту у відвал екскаваторами з ковшем місткістю $0,25 \text{ м}^3$ / при розробці траншеї з відкосами.

2. Вирівнювання вручну дна траншеї.

3. Улаштування піщаної основи під трубопровід.

4. Вартість напірних труб з поліетилену різного тиску, типу і зовнішнього діаметра (взяті з графіків (рис. 3)).

5. Укладання трубопроводів із поліетиленових труб $\varnothing 50 \div 500 \text{ мм}$ з гідравлічним випробуванням, а саме: торцювання кінців труб, зварювання труб у нитку трубопроводу, опускання та укладання нитки трубопроводу у траншею, гідравлічне випробування, засипання трубопроводу шаром піску товщиною 10 см поверх труби.

6. Засипання траншеї колісним бульдозером.

7. Уцілення ґрунту пневматичними трамбівками.

Згідно з прийнятим переліком робіт були розраховані локальні кошториси за допомогою комп'ютерної програми АВК-3 (редакція 2. 7. 0) [18] на прокладання труб із поліетилену в різних ґрунтах в залежності від діаметра. В локальних кошторисах була закладена максимальна ціна на труби в залежності від тиску в трубопроводі. Спочатку були побудовані квадратичні функції ліній тренда за допомогою майстра діаграм «Microsoft Excel» вартості труби від мінімальної тривалої міцності (рис. 3). І, як результат, побудовані наступні графіки для двох країн-виробників (України та Росії) (рис. 4) залежностей затрат на прокладання напірних поліетиленових труб від їх діаметрів в різних ґрунтах: суг-

линок, глина, супісок, пісок. Крім того, оскільки вартість прокладання поліетиленових труб від типу ґрунтів суттєво не відрізняється, отримані загальні аналітичні функції, які мають загальний вигляд:

$$K_{\text{України}} = 665,74 \cdot d^2 + 21,60 \cdot d + 34,70, \text{ тис. грн.}$$

$$K_{\text{Росії}} = 470,87 \cdot d^2 + 21,75 \cdot d + 34,68, \text{ тис. грн.}$$

Висновки:

1. Оптимальна ціна на різні типи труб **Ц_{опт.1}** свідчить про те, що доцільно в наш час на території України у міському комунальному господарстві переходити на прокладання труб із поліетилену (труби з полімерних матеріалів).

2. Якщо неможливо прокласти чавунні труби на з'єднаннях, то необхідно використовувати поліетиленові або сталеві труби залежно від **Ц_{опт.2}**.

3. При визначенні кошторисів на прокладання зовнішніх мереж водопостачання потрібно приймати рішення не тільки щодо вартості самих труб, але й інших характеристик, а саме: в якій місцевості вони будуть експлуатуватись, заростання трубопроводів і термінів їх служби.

4. Згідно з розрахунками, вартість виготовлення труби поліетиленової дешевше в Росії, ніж в Україні за рахунок меншої вартості сировини та енергоносіїв. В кошторисах вартості прокладання труб із поліетилену суттєву роль відіграє ціна на виготовлення самої труби, а не тип ґрунту (суглинок, глина, супісок, пісок), в якому вона прокладена.

Література

1. Стан водопровідних мереж України та шляхи запобігання погіршенню якості питної води [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.polypipe.info>.
2. Крамаренко, И. А. Реформа ЖКХ — технико-экономическое обоснование строительства трубопроводов с учетом экологической безопасности / И. А. Крамаренко, А. Н. Ткачев // ЖКХ — INFO. — 2008. — № 2(6).
3. Experimental study on flow resistance law for small-diameter plastic pipes / Bagarello W., Ferro V., Provenzano G., Pumo D. // Journal of Irrigation and Drainage Eng. — 1995. — № 10—11. — P. 313—316.
4. Kotowski A. Durchflusswiderstaende in hydraulisch glatten Rohren, Kniekruemmern und Segmentkruemmern / Kotowski A. // GWF — Wasser/Abwasser. — 2003. — Jq. 144, № 9. — P. 582—588.

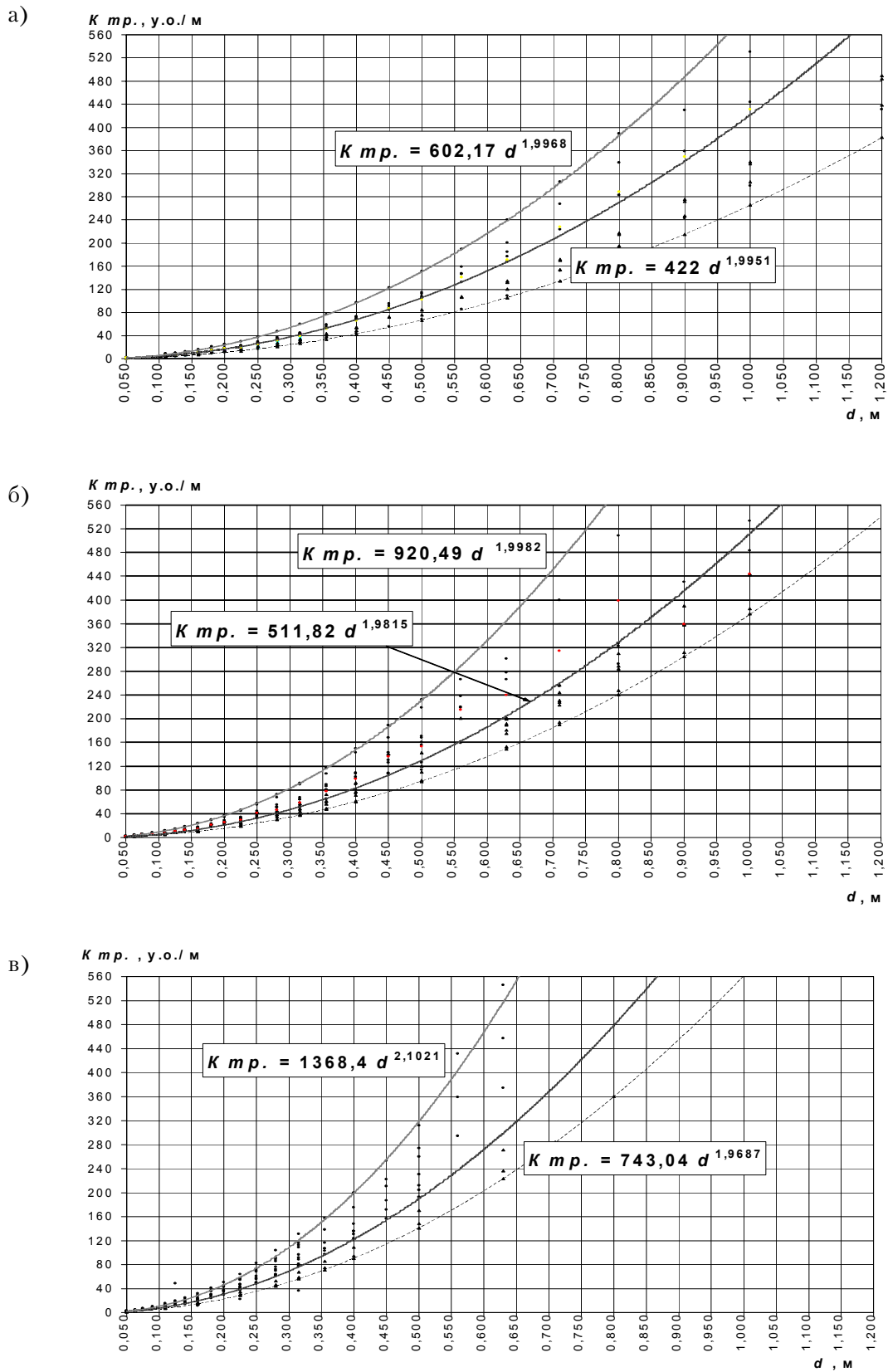


Рисунок 3. Залежність затрат на закупівлю труби напірної із ПЕ від діаметра: _____ *max* – значення по Україні, _____ *max* – значення по Росії; а) $p \leq 6,3$ атм.; б) $6,3$ атм. < $p \leq 10,0$ атм.; в) $p > 10,0$ атм.

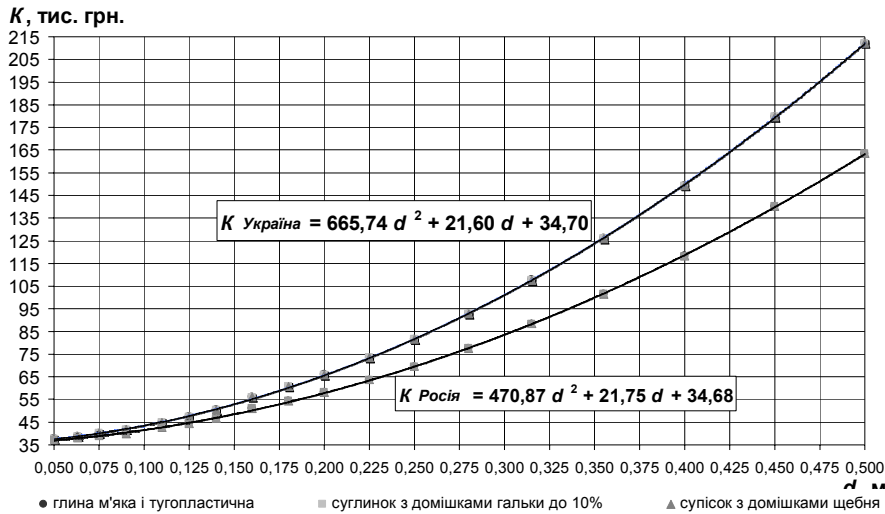


Рисунок 4. Залежність затрат на прокладання труб напірних із ПЕ в різних ґрунтах ($h=1,5$ м).

- Полиэтиленовые трубы: преимущество в цене [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://polyplastic.by>.
- Бухин, В. Е. Практика применения труб из полимерных материалов в инженерных сетях / В. Е. Бухин // Стройпрофиль. – 2010. – № 4(1).
- Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия : ГОСТ 18599-2001. – Взамен ГОСТ 18599-83 ; введ. 2003-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 20 с.
- Труби з поліетилену та фасонні вироби до них для холодного, гарячого водопостачання і системи опалення. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.5-17-2001.
- Труби з поліетилену та фасонні вироби до них для холодного, гарячого водопостачання і системи опалення. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7-143:2007.
- ТУ У В.2.7-25.2-32926466-002:2005 на напірні труби із поліетилену низького тиску для трубопроводів, що транспортують воду і інші рідики і газоподібні речовини, до яких поліетилен хімічно стійкий.
- Сазонов, Максим. Украинский рынок труб для наружных сетей из полимерных материалов / Сазонов Максим // Полимерные трубы. – 2008. – № 1. – С. 12–16.
- Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации : СНиП 3.05.04-85 – [Утв. Госстроем СССР 31.05.85 : Взамен СНиП III-30-74 : Срок введ. в действие 01.07.86]. – Изд. офиц. – М. : Госстрой СССР, 1990. – 48 с.
- Прайс на трубы стальные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://td-kievoblgaz.com.ua>.
- Водопроводные трубы из полиэтилена [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://etp.com.ua>.
- Прайс-лист на трубы чугунные водопроводные из чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kiks.ru>.
- Крупак, І. М. Інженерні мережі з полімерів : посібник / І. М. Крупак. – Львів : ЕКОІнформ, 2008. – 372 с.
- Земляные работы. Сборник 1 : ДБН Д.2.2-1-99. [с изм. и доп., утв. Приказами Госстоя Украины от 12.03.01 № 52; 11.03.02 № 48; 06.12.02 № 92; 30.12.03 № 230; 10.03.04 № 41, 28.02.06 № 55]. – К. : Госстрой Украины, 2000. – 177 с. – (Государственные строительные нормы Украины).
- Автоматизированное определение стоимости строительства. Компьютерная программа АВК-3, редакция 2.7.0. – Днепропетровск–Киев–Луцк. : ООО «НПФ «АВК»», 2008.

Калюжний Анатолій Павлович – к. т. н., старший викладач кафедри гідравлики, водопостачання та водовідводу Полтавського національного університету імені Юрія Кондратюка. Наукові інтереси: санітарно-технічне обладнання будівель та споруджень, системи та мережі водопостачання.

Калюжний Анатолій Павлович – к. т. н., старший преподаватель кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка. Научные интересы: санитарно-техническое оборудование зданий и сооружений, системы и сети водоснабжения.

Anatoliy Kaliuzhniy – a Ph. D. (Engineering), a senior lecturer of the Hydraulics, Water Supply and Sewage and Storm Water Disposal Department of the Yury Kondratyuk Poltava National Technical University. Research interests: sanitary engineering equipment of buildings and constructions, water supply system and networks.