

- го національного університета ім. В. Даля. -№ 8 (90). – 2005. – С 180 – 185.
6. Хейвуд Р. Б. Проектирование с учетом усталости [Текст] / Р. Б. Хейвуд // – М.: Машиностроение, 1969. – 504 с.
  7. Труфяков В.И. Усталость сварных соединений [Текст] / В.И. Труфяков // - К.: Наукова думка, 1973. - 216 с.

#### **Referense**

1. Metodika ocenki ostatochnogo resursa nesushhih konstrukcij ttagovogo podvzh-nogo sostava [Tekst]. – K: Gos. administracija zh.d. transporta Ukrayny, DIIT, 1998. – 51 s.
2. Normy dlja rascheta i ocenki prochnosti nesushhih elementov i dinamicheskikh kachestv i vozdejstvija na put' jekipazhnoj chasti lokomotivov zheleznyh dorog MPS RF kolei 1520 mm. [Tekst] -M: MPS RF, VNIIZhT, 1998. – 145 s.
3. Gorobec V. L., Jagoda D. A., Jagoda P. A. Ocenka sprotylenija nesushhih konstrukcij podvzhnogo sostava ci-klicheskim nagruzkam s uchetom vlijaniya ravnno-mernoj korrozii [Tekst] /V.L. Gorobec, D. A. Jagoda, P. A. Jagoda // Vestnik Dnepropetrovskogo nacional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta im. akademika V. Lazarjana, - Vyp. 23, – Dnepropetrovsk: Izd - vo DNUZT, 2008. – s. 25 - 29.
4. Bodnar' B. E., Gorobec V.L., Grushhak I.M. Metody sravnitel'noj ocenki resur-sa nesushhih konstrukcij podvzhnogo sostava [Tekst] / B.E. Bodnar', V.L. Gorobec, I.M. Grushhak // Vestnik Vostochnoukrainskogo nacional'nogo universi-teta im. V. Dalja. – №8 (78). – 2004. – S 118 - 126.

5. Basov G. G., Blohin E. P., Gorobec V. L. Metodologija stendovyh ispytanij ram telezhek jelektrovozov ChS4 proizvodstva HK "Luganskteplovoz" [Tekst]/ E. P. Blohin, V. L. Gorobec // Vestnik Vostochnoukrainskogo nacion-al'nogo univer-siteta im. V. Dalja. -№ 8 (90). – S 180 – 185.
6. Hejvud R. B. Proektirovanie s uchetom ustalosti [Tekst]/ R. B. Hejvud // – M.: Mashinostroenie, 1969. – 504 s.
7. Trufjakov V.I. Ustalost' svarynh soedinenij [Tekst] / V.I. Trufjakov // - K.: Naukova dumka, 1973. - 216 s.

#### **Горобец В.Л. Проблеми оцінки міцності і довговічності локомотивів промислового транспорту**

*Надаються методи і підходи до оцінки показників міцності і ресурсу основних несучих конструкцій локомотивів промислового транспорту.*

*Ключові слова:* промисловий транспорт, локомотив, міцність, ресурс, непрямі методи оцінки.

#### **Gorobets V.L. Problem assessment of strength and durability of locomotive transport industry**

*In the article methods over and going are brought near the estimation of indexes of durability and resource of basic bearing constructions of locomotives of industrial transport.*

*Keywords:* industrial transport, locomotive, durability, resource, indirect methods of estimation.

**Горобец Владимир Леонидович** – главный научный сотрудник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна, г. Днепропетровск, д.т.н., Украина, mail: [v-gorobets@mail.ru](mailto:v-gorobets@mail.ru)

УДК 628.14

## **ВЛИЯНИЕ ВИДА И ТИПОРАЗМЕРОВ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ НА НАДЁЖНОСТЬ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ**

**Пилипенко В.Н., Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю.**

**EFFECT OF TYPE AND SIZES OF CONCRETE  
AND CONCRETE PIPES ON THE RELIABILITY OF SEWAGE SYSTEMS**

**Pilipenko V.N., Drozd G.Ya., Khvortova M.Yu.**

Приведен анализ существующей номенклатуры бетонных и железобетонных труб для канализационных сетей. Показано, что бетонные трубы с позиции надёжности морально устарели, а железобетонные трубы требуют модификации при использовании их в трубопроводных сооружениях.

**Ключевые слова:** трубопроводы водоотведения, трубы бетонные и железобетонные, стыки, надёжность.

**Актуальность проблемы и её связь с научными и практическими задачами.** Наружные канализационные трубопроводы – это протяженные сооружения, устраиваемые на неоднородном по длине основании из отдельных элементов – труб из различных материалов. Прочность стыковых соединений (рас-

трубных, фальцевых) не равнозначна прочности тела трубы. Это обуславливает их низкую эксплуатационную надёжность [1].

Рассматривая перспективу создания надёжных и долговечных канализационных трубопроводов необходимо учитывать не только материал труб (с позиций коррозии), но и характер, и количество стыковых соединений (с позиций герметичности). Герметичность и надёжность трубопроводов во многом зависит от прочности основания. Неоднородность грунтов основания по длине трубопроводов является важным фактором их надёжности. При изменении влажности грунтов основания на отдельных участках изменяется и их несущая способность

и тогда, даже постоянные внешние нагрузки, способны вызывать повреждения трубопровода, вид которых зависит от деформативных свойств грунта.

Зависимость вероятности повреждения стыкового соединения и тела трубы от модуля общей деформации грунта представлена на рисунке 1 [1].

Из всего разнообразия материалов труб для строительства канализационных трубопроводов наиболее перспективными являются пластиковые трубы (диаметром до 500 мм) и железобетонные для трубопроводов больших диаметров более 500 мм. [2]. Пластиковые трубы характеризуются высокой коррозионной стойкостью с возможностью создания плетей с минимальным количеством стыковых сварных высокопрочных соединений.

Возможность применения бетонных и железобетонных труб для долговечных трубопроводов необходимо обосновать.

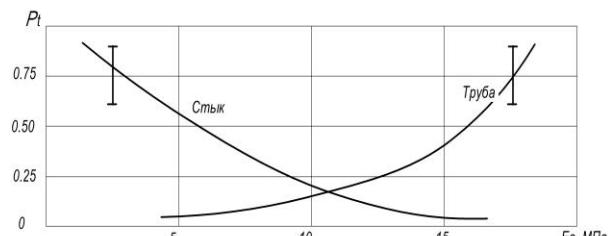


Рис. 1. Зависимость вероятности повреждения  $P(t)$  стыкового соединения и тела трубы от модуля общей деформации грунта ( $E_0$ )

**Цель работы.** Оценка влияние использования бетонных и железобетонных труб на эксплуатационную надёжность канализационных трубопроводов.

**Объект, материалы и результаты исследований.** В Украине, в отличие от зарубежных стран, где используются только безнапорные и напорные железобетонные трубы, применяют и бетонные безнапорные (до 1000 мм) трубы.

Железобетонные трубы подразделяются на безнапорные и напорные.

Безнапорные трубы, изготовленные по ДСТУ Б.В.5-50:2010 [3] применяются при устройстве подземных безнапорных трубопроводов, транспортирующих самотеком бытовые и атмосферные сточные воды, а также подземные воды и производственные жидкости, неагрессивные по отношению к бетону труб, арматуре и к уплотняющим кольцам стыковых соединений.

Трубы подразделяются на следующие типы [4]:

**РТ** – растребные цилиндрические со стыковыми соединениями, уплотняемые герметиками или другими материалами;

**РТБ** – растребные цилиндрические с упорным буртиком на стыковой поверхности втулочного конца трубы и стыковыми соединениями, уплотняемыми с помощью резиновых колец;

**РТС** – растребные цилиндрические со ступенчатой стыковой поверхностью втулочного конца

трубы, стыковые соединения которых уплотняются с помощью резиновых колец;

**ФТ** – фальцевые цилиндрические со стыковыми соединениями, уплотняемые герметиками или другими материалами;

**РТП** – растребные с подошвой и стыковыми соединениями, уплотняемыми герметиками или другими материалами;

**РТПБ** – растребные с подошвой и с упорным буртиком на стыковой поверхности втулочного конца трубы; стыковые соединения этих труб уплотняют с помощью резиновых колец;

**РТПС** – растребные с подошвой со ступенчатой стыковой поверхностью втулочного конца трубы и стыковыми соединениями, уплотняемыми с помощью резиновых колец;

**ФТП** – фальцевые с подошвой и стыковыми соединениями, уплотняемыми герметиками или другими материалами.

Трубы в зависимости от их прочности подразделяют по их несущей способности на две группы:

первую – трубы нормальной прочности;

вторую – трубы повышенной прочности.

Армируют трубы цилиндрическими сварными каркасами: спиральная арматура класса А-111, арматурная проволока периодического профиля класса Вр-1 и гладкая класса В-1. Продольная арматура – стержневая класса А-1.

Трубы должны быть трещинно-стойкими. При нагрузках, равных 0,55 контрольных, наибольшая ширина раскрытия трещин на поверхности труб не должна превышать 0,2 мм. Трубы должны быть водонепроницаемыми и выдерживать внутреннее гидравлическое испытательное давление, равное 0,05 МПа.

Напорные железобетонные трубы применяют при устройстве подземных напорных трубопроводов, транспортирующих жидкости, неагрессивные по отношению к бетону труб, арматуре и к уплотняющим кольцам стыковых соединений. Эти трубы изготавливаются методами виброгидропрессования по ДСТУ Б.В.2.5-48:2010 [5] и центрифугирования по ГОСТ 12586.0-83. Напорные железобетонные трубы, изготавливаемые методом виброгидропрессования, в зависимости от расчётного внутреннего давления в трубопроводе, подразделяются на четыре класса.

Глубина заложения труб всех классов – 2–4 м до верха трубы.

Напорные железобетонные трубы, изготавливаемые методом центрифугирования в зависимости от расчетного внутреннего давления в трубопроводе, подразделяются на три класса:

I – на давление 1,5 МПа;

II – на давление 1,0 МПа;

III – на давление 0,5 МПа.

Отдельными предприятиями методом вибрации изготавливаются напорные железобетонные трубы со стальным цилиндром, а также трубы полимержелезобетонные напорные.

Проанализируем бетонные трубы (табл. 1).

Размеры, мм бетонных труб различных марок

Таблица 1

Марка труб					Условный проход Dy	Полезная длина труб					Ширина подошвы	
ТБ	ТБС	ТБПС	ТБФ	ТБПФ		ТБ	ТБС	ТБПС	ТБФ	ТБПФ	ТБПС	ТБПФ
ТБ10.10					100	1000						
ТБ15.10	—		—		150	—						
ТБ20.15					200							
ТБ30.15			ТБФ30.15		300	1500						
ТБ40.15	ТБС40.15		ТБФ40.15		400	1500						
ТБ50.20	ТБС50.20		ТБФ50.20		500							
ТБ60.20	ТБС60.20	ТБПС60.20	ТБФ60.20		600		2000	2000			560, 540, 520	
ТБ80.20	ТБС80.20	ТБПС80.20	ТБФ80.20		800		2000				730, 700, 680	
ТБ100.20	ТБС100.20	ТБПС100.20	—	ТБПФ100.20	1000			—	2000	920, 880, 860, 840	920, 880, 860, 840	

Как следует из таблицы 1, диаметр бетонных труб находится в диапазоне 0,1 – 1,0 м. Полезная длина труб диаметром  $\geq 500$  мм составляет 2,0 м. При этом на 100 м длины трубопровода необходимо уложить 50 труб с соответствующим количеством стыков. Стыки в трубопроводе – фактор низкой надёжности всего сооружения. Кроме того, большое количество сборных элементов приводит к высокой трудоёмкости и продолжительности строительно-монтажных работ. Поэтому можно утверждать, что на данный момент бетонные трубы морально устарели, и у них нет перспективы в конкуренции с пластиковыми трубами.

Характеристики железобетонных труб приведены в табл. 2 и на рис. 2.

Таблица 2

Размеры, мм и масса, т железобетонных труб различных типоразмеров диаметром 500 и 1000 мм

Условный проход	Типоразмер	D <sub>вн</sub>	D <sub>в</sub>	D <sub>п</sub>	D <sub>1</sub>	C	L	L <sub>1</sub>	B	b	масса
500	РТ.5.50	500	620	650	790	60	5000	5100	—	—	1,4
500	РТБ.5.50	500	620	650	834	60	5000	5160	—	—	1,5
500	РТС.5.25	500	620	627	837	60	2500	2660	—	—	0,8
500	РТС.5.50	500	620	627	837	60	5000	5160	—	—	1,5
500	ФТ.5.50	500	620	—	—	60	5000	5035	—	—	1,3
1000	РТ.10.50	1000	1200	1230	1450	110	5000	5110	—	—	4,6
1000	РТБ.10.50	1000	1200	1230	1498	110	5000	5170	—	—	4,8
1000	РТС.10.25	1000	1200	1207	1498	100	3500	3678	—	—	4,6
1000	РТС.10.50	1000	1200	1207	1498	100	5000	3175	—	—	6,5
1000	ФТ.10.50	1000	1200	—	—	100	5000	5035	—	—	4,3
1000	РТП.10.50	1000	1200	1230	1450	100	5000	5110	800	160	5,5
1000	РТПБ.10.50	1000	1200	1230	1450	110	5000	5160	800	160	5,5
1000	РТПС.10.50	1000	1200	1207	1450	100	3500	3670	800	160	3,9
1000	РТПС.10.50	1000	1200	1207	1450	100	5000	5170	800	160	5,5
1000	ФТП.10.50	1000	1200	—	—	100	5000	5070	800	160	5,2
1000	ЦТН.100-1	1000	1130	1177	1340	65	5000	5110	—	—	4,14

Анализ приведенных данных позволяет утверждать, что железобетонные трубы в сравнении с бетонными трубами более предпочтительны, то есть имеют длину преимущественно 5 м (дополнительно доборные трубы типа РТС и РТПС имеют длину 2,5 и 3,5 м). При этом количество сборных элементов на 100 м трубопровода составляет 20, с соответствующим количеством стыков. Наличие арматуры в этих трубах определяет их большую длину, диаметр и прочность в сравнении с бетонными трубами. Минимальный диаметр таких труб соответствует 400 мм, а максимальный- 2400 мм, в зависимости от типа и размера:

РТ – Ø = 400...2400;	РТП – Ø = 1000...2400;
РТБ – Ø = 400...1600;	ФТП – Ø = 1000...1600;
РТС – Ø = 400...1600;	РТПС – Ø = 1000...1600;
ФТ – Ø = 400...2400;	ФТП – Ø = 1000...2400;
ЦТН – Ø = 500...1600.	

Масса трубы диаметром 500 мм составляет 1,3...1,5 т. Масса труб диаметром 1000 мм колеблется от 4,3 до 6,5 т.

В соответствии с ДСТУ Б В.2.6–145:2010 Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії [6], обеспечение коррозионной стойкости железобетонных канализационных труб сводится к выполнению следующих требований:

- использовать только разрешенные виды и марки (классы) составляющих бетона;
- максимально допустимую величину водоцементного отношения;
- минимальный объём вовлеченного воздуха;
- минимальный класс бетона по прочности на сжатие;
- минимально допустимую марку бетона по водонепроницаемости или максимально допустимый коэффициент диффузии;
- толщина защитного слоя должна быть не менее 20 мм независимо от класса арматурных сталей.

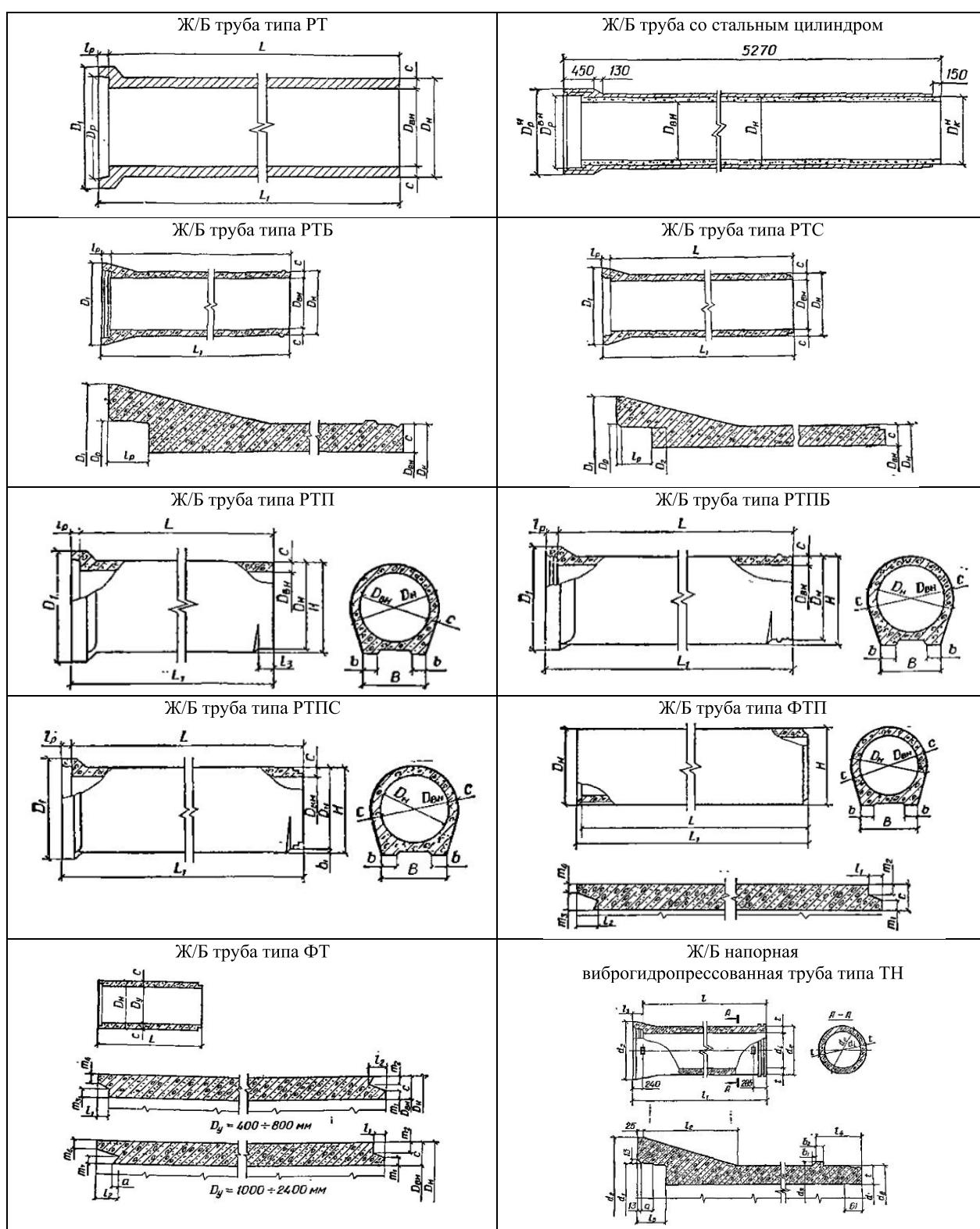


Рис. 2. Виды и конструктивные элементы железобетонных труб

Технология изготовления железобетонных труб методами виброгидропрессования и центрифугирования не может обеспечить максимальную плотность материала труб, от которой во многом зависит и коррозионная стойкость. Перспективными являются трубы нового поколения, выполненные по тех-

нологии вибро-ударноимпульсного уплотнения бетона, отличающиеся более высокими механическими характеристиками и более стойкими к коррозии [7].

**Выводы.** На основании результатов экспериментально-теоретических исследований:

1. Аргументировано, что геометрические размеры бетонных труб вследствие специфических свойств этого материала обуславливают большое количество стыковых соединений на участке трубопровода, что заведомо снижает его эксплуатационную надёжность.

2. Установлено, что железобетонные трубы имеют большую в сравнении с бетонными механическую прочность и длину и, соответственно, меньшее количество стыков на участке трубопровода.

3. Обосновано, что повышение коррозионной стойкости бетона вышеуказанных труб может быть достигнуто путём усовершенствования технологии вибро-ударноимпульсного уплотнения.

#### Л и т е р а т у р а

1. Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. Оценка надёжности канализационных трубопроводов // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. Вып. 39. – Алчевск: ДонГТУ, 2013. С. 159-164.
2. Ромейко С.В. Ещё раз о трубопроводах жилищно-коммунального комплекса России. – Трубопроводы и экология, № 1, 2001 г. Москва, С. 2-6.
3. DSTU B.В.2.5-50:2010. Трубы бетонные и железобетонные. Введён в действие с 01.01.2012 г.
4. Перешивкин А.К., Александров А.А., Булыгин Е.Д. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации / Под ред. А.К. Перешивкина – 4 издание перераб. и допол. – М.: Стройиздат, 1988, – 653 с.
5. DSTU B.В.2.5-48:2010 Трубы железобетонные напорные виброгидропрессованные. Конструкция и размеры. Введён в действие с 01.01.2012
6. DSTU B.В.2.6 – 145:2010 «Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 31384:2008; NEQ)». Надано чинності 26.10.2010 р.
7. Хасанов Б.Б. Теоретические и экспериментальные основы производства бетонных труб по виброударной технологии – Ташкент: Мехнат, 1996. – 187 с

#### R e f e r e n c e s

1. Drozd G.Ya., Khvortova M.Yu. Evaluation of the reliability of the sewage pipelines // Proceedings of the Donbas State Technical University. Issue. 39. – Alchev'sk: Donetsk State Technical University, 2013. P. 159-164.
2. Romeyko S.V. Once again about the pipelines of housing and communal complex of Russia. – Piping and ecology, № 1, 2001 year. Moscow, P. 2-6.
3. DSTU B.В.2.5-50:2010. Concrete pipes and concrete. Entered into force on 01.01.2012.
4. Pereshivkin A.K., Aleksandrov A.A., Buligin E.D. Installation of external water supply and canalization / Ed. A.K. Pereshivkina - revised edition 4 and additions. – M.: Stroyizdat, 1988 – 653 p.

5. DSTU B.В.2.5-48:2010 Reinforced concrete pressure pipes and vibro hydro pressed. The design and dimensions. Entered into force on 01.01.2012.
6. DSTU B.2.6 – 145:2010 «Defense of concrete and reinforced concrete from corrosion. General technical demands (GOST 31384:2008; NEQ)». Entered into force on 26.10.2010.
7. Khasanov B.B. Theoretical and experimental bases of concrete pipes for vibro-impact technologies – Tashkent: Mehnat, 1996. – 187 p.

**Пилипенко В.М., Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю.**

**Вплив виду і типорозмірів бетонних та залізобетонних труб на надійність каналізаційних мереж.**

*Наведено аналіз існуючої номенклатури бетонних і залізобетонних труб для каналізаційних мереж. Показано, що бетонні труби з позиції надійності морально застаріли, а залізобетонні труби вимагають модифікації при використанні їх в трубопровідних спорудженнях*

**Ключові слова:** трубопроводи водовідведення, труби бетонні та залізобетонні, стики, надійність.

**Pilipenko V.N., Drozd G.Ya., Khvortova M.Yu.**

**Effect of type and sizes of concrete and concrete pipes on the reliability of sewage systems.**

*It is given the analysis of the existing range of concrete and reinforced concrete pipes for sewage networks. It is shown that the concrete pipes from the position of reliability have been outmoded, and reinforced concrete pipes need to be modified when used in piping installations.*

*It was argued that the geometric dimensions of the concrete pipes due to the specific properties of this material cause a large number of joints in the pipeline that certainly reduces its reliability.*

*It was established that the concrete pipes have a greater compared with concrete mechanical strength and length and, consequently, fewer joints in the pipeline.*

*It is proved that the increase in the corrosion resistance of concrete pipes of the above can be achieved by improving the technology of vibro-impact impulse impaction.*

**Key words:** drainage pipes, concrete pipes and reinforced concrete, joints, reliability.

**Пилипенко В.Н.** – к.т.н., доцент, доцент кафедри городского строительства и хозяйства, ВНУ им. В. Даля, г. Луганск, Украина, e-mail: vpilip@ukr.net/

**Дрозд Г.Я.** – д.т.н., проф., профессор кафедры городского строительства и хозяйства, ДонГТУ, г. Алчевск, Украина, e-mail: drozd.g@mail.ru.

**Хвортова М.Ю.** – к.т.н., доцент, доцент кафедры строительных конструкций, ДонГТУ, г. Алчевск, Украина, e-mail: khvortova@mail.ru

Рецензент: П.Н. Должиков, д.т.н., профессор.