

УДК 621.65

**ПРО ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ
ПРЕДМЕТНО-ОРІЄНТОВАНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ
ГІДРАВЛІЧНИХ МЕРЕЖ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ НАПІРНИХ
КАНАЛІЗАЦІЙНИХ КОЛЕКТОРІВ**

Сотник М.І., к.т.н.,

Гапич Л.В.

Сумський державний університет

Тел. (0619) 42-04-42

Анотація – розглянуто питання про необхідність модернізації каналізаційних систем комунального хазяйства України. Описано фактичний стан роботи напорного каналізаційного колектора м. Суми и проведено оцінку енергомісткості роботи обладнання на сьогоднішній день. Розглянуто основні параметри, які необхідно враховувати при побудові предметно-орієнтовної моделі роботи колектора.

Ключові слова – каналізаційні системи, гідравлічні мережі, напірні каналізаційні колектори.

Вступ. Однією з основних складових реформування житлово-комунального господарства України є переоснащення його матеріальної бази, яка за останні роки морально та фізично застаріла. Постійне недофінансування розвитку матеріальної бази галузі спричинило невиправдане збільшення енергоємності та загальної витратності технологічних процесів житлово-комунального господарства населених пунктів держави.

Однією зі складових цього розгалуженого господарства є водопостачання та водовідведення [1].

Водовідведення, зважаючи на його вирішальну роль у проблемах додержання санітарного стану міст, є ключовою проблемою [2].

Експлуатація систем водовідведення у деяких випадках є проблематичною через:

- зношеність каналізаційних мереж;
- застаріле технологічне обладнання каналізаційних насосних станцій (КНС), у тому числі насосне;
- невідповідність експлуатаційних гідравлічних показників мереж (кількість стоків, що перекачується) тим показникам, що

були запроектовані;

- низький кваліфікаційний рівень персоналу, що планує графіки режиму роботи обладнання каналізаційних мереж.

Практично у всіх містах держави складається доволі тяжка ситуація при експлуатації зазначених мереж та обладнання. Деякі мережі, а навіть і цілі комплекси, перевищили свій нормативний термін експлуатації, що є причиною частих поривів, а як наслідок і екологічних негараздів. Основна маса каналізаційних мереж та систем потребують заміни або негайного капітального ремонту, що у повному обсязі, при сьогоднішніх можливостях фінансування, є неможливим. Тому нагальною необхідністю сьогодення є проведення робіт з діагностування стану каналізаційних мереж, їх окремих ланок та обладнання. Однією з основних задач при виконанні таких робіт є розробка проектних пропозицій реконструкції мереж, їх модернізації з одночасним підвищенням енергоефективності роботи насосного обладнання.

Зважаючи на те, що місто Суми за кількістю населення та структурою споживання водних ресурсів є типовим обласним центром України (кількість мешканців -275 тис.чоловік, об'єм добової подачі води у міську водопровідну мережу у середньому становить 60-65 тис.м³/добу, КНС за конструкцією є типовими з насосним та іншим обладнанням, яке працює у багатьох каналізаційних системах міст держави), результати проведених обстежень каналізаційних мереж, розрахунків, технічні пропозиції та висновки є цікавими і можуть бути використані для інших систем водовідведення.

Основна частина. За результатами обстежень технічного стану трубопроводів, основних будівель, резервуарів, обладнання КНС було розроблено схему реально існуючого напірного каналізаційного колектора міста. Однією з основних проблем було одержання реальних гідравлічних показників роботи насосного обладнання КНС, фактичних площ та форм перетинів трубопроводів, зважаючи на різноманітність швидкостей течії рідини у них та нерівномірності перекачування за об'ємом.

Збір первинних даних, їх аналіз та усереднення дали можливість розробити предметно-орієнтовану модель роботи напірного каналізаційного колектора. Модель ураховує географічне розташування мережі у межах міста, географічні висотні позначки розташування трубопроводів, насосного обладнання п'яти насосних станцій, що працюють на практично один основний трубопровід, що має дублюючі нитки на деяких відрізках.

Схема реально існуючого напірного каналізаційного колектора м. Суми представлена на рис. 1.

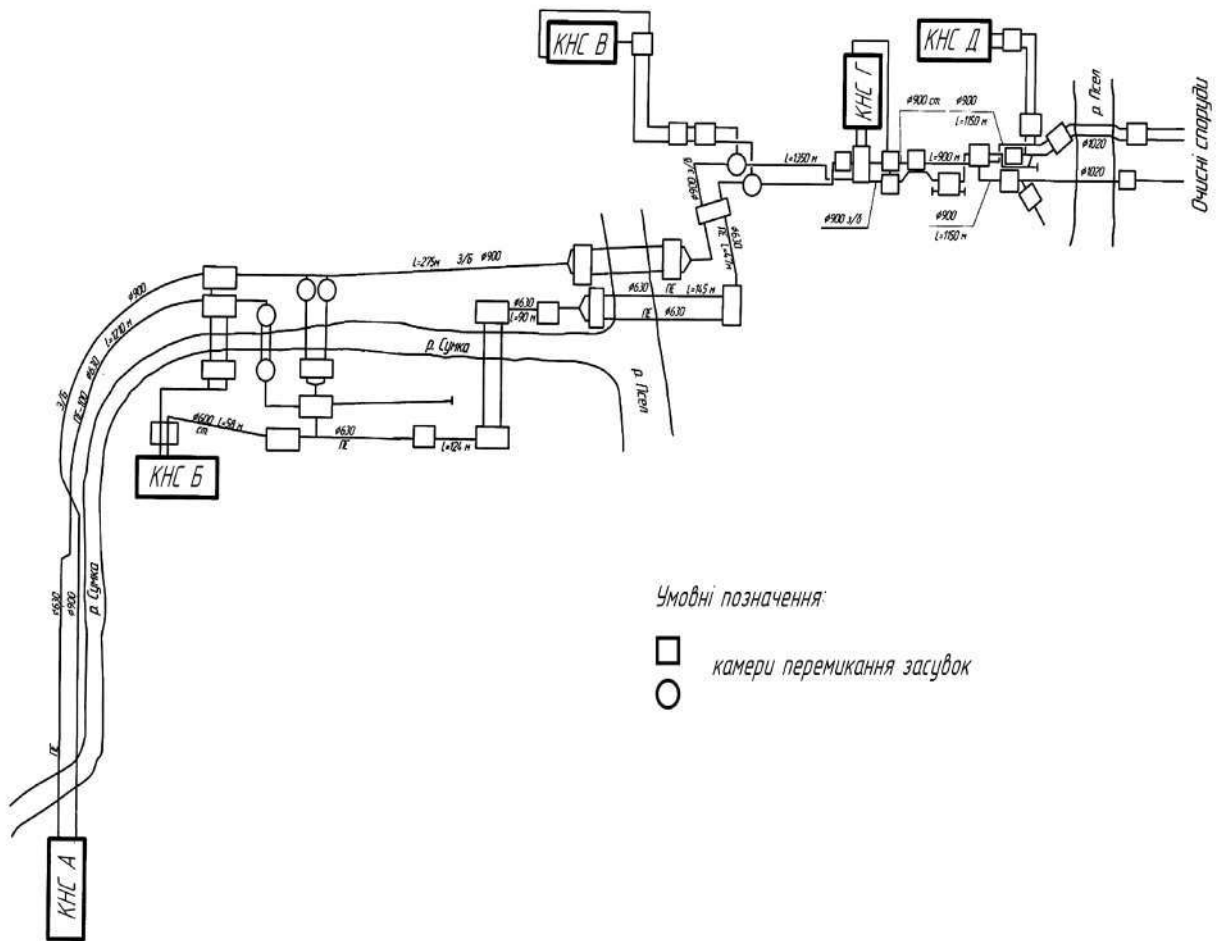


Рис. 1. Схема реально існуючого напірного каналізаційного колектора м. Суми

Основна мета побудови предметно-орієнтованої моделі напірного колектору – це створення можливості моделювання ймовірних варіантів роботи мережі та насосного обладнання на неї з метою:

- діагностування гідравлічних параметрів трубопроводів;
- визначення параметрів енергоефективності роботи насосного обладнання;
- аналізу режимів роботи груп насосного обладнання, що працюють одночасно.

Для транспортування стоків з території міста до очисних споруд використовується здебільшого одна гілка трубопроводу. Вона являє собою, в основному, залізобетонну трубу діаметром 900 мм.

Загальна довжина трубопроводу становить близько 8000 м з перепадом геодезичних відміток близько 31 м.

Основні характеристики насосного обладнання представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики
насосного обладнання встановленого на КНС м. Суми

Найменування об'єкта	Найменування обладнання	Кількість	Реальні гідравлічні параметри	
			Подача Q, м ³ /год	Напір H, м
КНС А	ЦН 800-50	3	700	50
	СД 450-56	1	450	56
КНС Б	СД 450-56	1	450	56
	СМ 200-150	1	200	80
	ЦН 800-50	1	700	50
КНС В	RITZ	1	640	56
	ФГ 540-95/2	2	450	95
	СД 450-56	2	450	56
КНС Г	СД 450-56	2	450	56
	ФГ 540-95/2	1	450	95
	FLYGT 3231	1	900	48
КНС Д	СД 450-56	1	450	56
	ФГ 540-95/2	1	450	95

Зважаючи на добовий графік надходження стоків на очисні споруди (рис. 2), послідовність роботи насосного обладнання на станціях та послідовність роботи самих станцій є хаотичними і нерегульованими з точки зору мінімізації споживання електроенергії, що використовується електродвигунами насосних агрегатів.

За критерій енергоефективності роботи системи напірного колектора було прийнято питомі витрати електричної енергії на перекачування 1 м³ стоків.

Розрахунок проводився виходячи з кількості перекачаних стоків за місяць (як розрахунковий прийнято вересень 2009 року) - 1295235 м³. Згідно показань приладів обліку за цей період для виконання зазначеної роботи було спожито насосними агрегатами 523494 кВт·год електричної енергії. Таким чином питомі витрати електричної енергії становили 0,404 кВт·год/м³.

Аналіз коливань об'єму надходження стоків упродовж доби показав, що для різних діб ці графіки дещо відрізняються, але не суттєво. Тому зазначений графік був прийнятий як розрахунковий без осереднення статистичного матеріалу графіків надходження стоків.

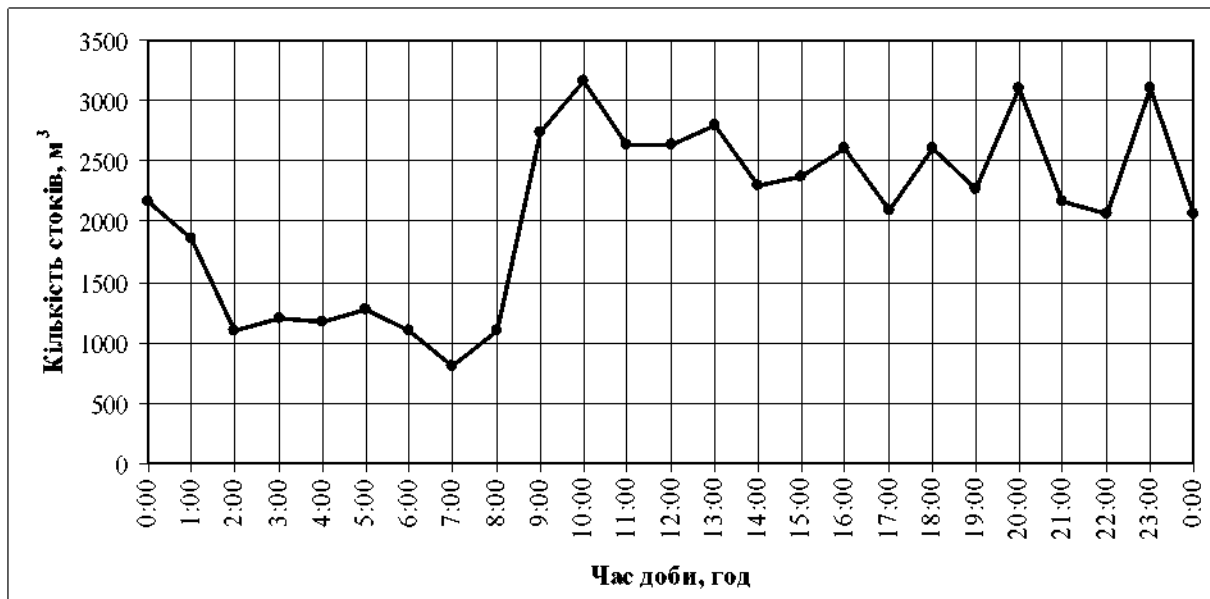


Рис. 2. Приклад графіка нахолження стоку на очисні споруди протягом доби

Результати предметно-орієнтованого моделювання роботи реально існуючого сьогодні в м. Суми колектора дають значення питомих витрат електроенергії близьке до розрахованого за фактичними даними значення $0,404 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$. Саме тому у подальшому результати моделювання були прийняті як базові при розробленні проектних пропозицій модернізації напірного колектора м. Суми з заміною трубопроводів та насосного обладнання КНС.

Проектні рішення потребували їх обґрунтування на основі проведення гідравлічного розрахунку та подальшого аналізу результатів. Зазначені розрахунки були одержані шляхом побудови предметно-орієнтованої моделі модернізованого колектора та аналізу результатів розрахунків можливих варіантів його роботи.

При формуванні моделі враховувалися: наявний парк насосного обладнання з його реальними гідравлічними та енергетичними характеристиками; фактична конфігурація та геометричні параметри відрізків трубопроводів, що проектується; опір трубопроводів, визначений з урахуванням довжини відрізків трубопроводів та шорсткості внутрішньої поверхні труби; наявність та параметри фактичного стану ємностей насосних станцій для накопичення стоку з самопливних колекторів; геодезичні висотні відмітки розташування насосного обладнання, резервуарів насосних станцій, трубопроводів, приймальних лотків очисних споруд.

Схема напірного каналізаційного колектора, що проектується для м. Суми, представлена на рис. 3. Основні характеристики трубопроводу та насосного обладнання, передбачених проектом, представлено в табл. 2.

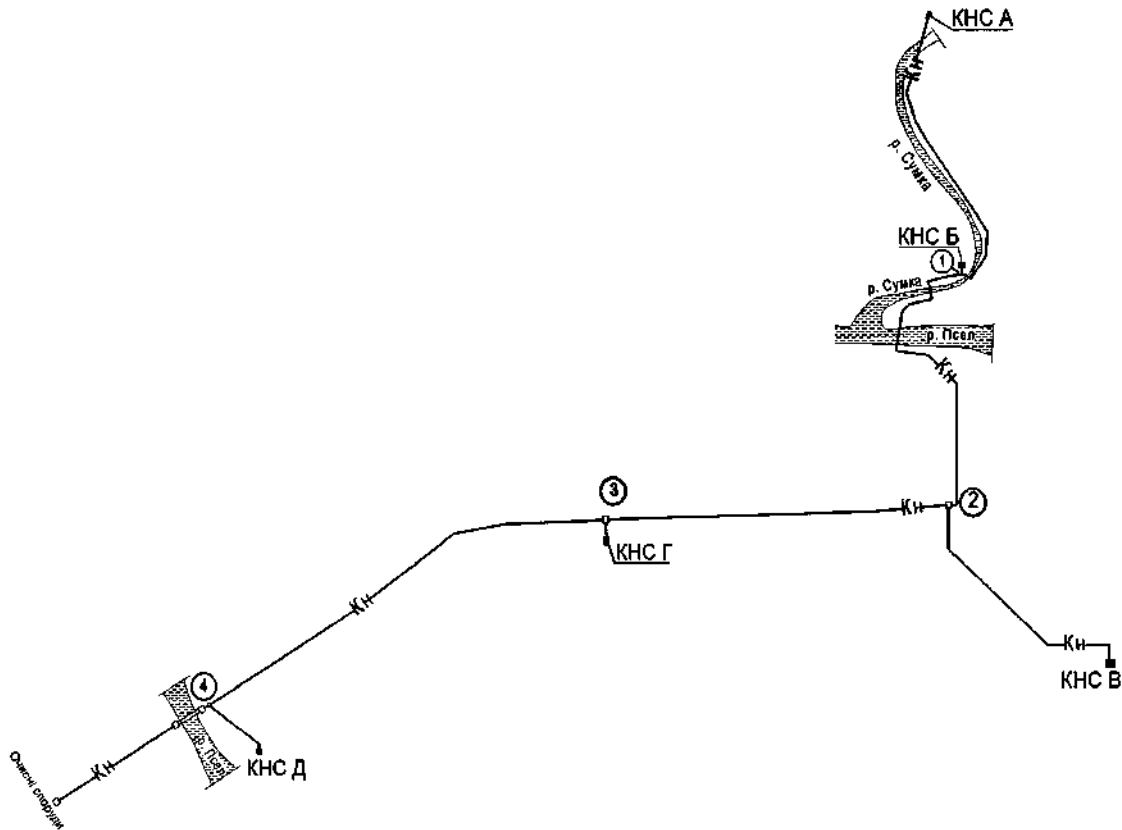


Рис. 3. Схема напірного каналізаційного колектора, що проектується для м. Суми
Таблиця 2 Основні характеристики трубопроводу та насосного обладнання
за проектом напірного каналізаційного колектора для м. Суми

Ділянка по трасі		Відмітка землі на ділянці		Відмітка мапзала КНС	Довжина ділянки, м	Внутрішній діаметр трубопроводу, мм	Марки насосних агрегатів за проектом	Кількість насосних агрегатів даної марки
початок	Кінець	початок	кінець					
КНС А	Точка 1	129,0	129,0	119,5	1200	555	ЦН 800-50 СД 450x56	1
КНС Б	Точка 1	129,0	129,0	119,1	50	555	ЦН 800-50	1
Точка 1	Точка 2	129,0	130,0		1350	555		
КНС В	Точка 2	129,0	130,0	117,7	1100	555	RITZ SW200-46	1
Точка 2	Точка 3	129,0	130,0		1500	626		
КНС Г	Точка 3	128,0	130,0	118,7	120	555	FLYGT 3231	1
Точка 3	Точка 4	130,0	128,0		1950	626		
КНС Д	Точка 4	129,1	128,0	120,5	450	555	СД 450x56	1
Точка 4	Приймальна камера	128,0	160,6		1500	719		

З використанням математичного апарату комбінаторики було розраховано кількість ймовірних варіантів (комбінацій) роботи насосного обладнання напірного каналізаційного колектора, що проектується для м. Суми. Для цього було використано формули для сполучень із 6 елементів (тобто 6 насосів, встановлених на КНС, що можуть працювати в різних комбінаціях, як окремо, так і по два, три, чотири, п'ять і всі разом). Згідно розрахунків дійшли висновку, що всього існує 63 ймовірних варіанти роботи насосного обладнання в різних комбінаціях.

Після узгодження кількості ймовірних варіантів роботи напірного каналізаційного колектора було виконано гідравлічний розрахунок для кожного з варіантів і визначено: подачу, напір і потужність насосних агрегатів; витрату, швидкості та втрати напору по водоводах; напори в контрольних точках схеми.

Далі було виконано енергетичний розрахунок ймовірних варіантів роботи напірного каналізаційного колектора і визначено енергоємність кожного з варіантів, як результат ділення сумарної потужності насосних агрегатів, що працюють в даному варіанті, на сумарну подачу.

Для аналізу отриманих результатів та обрання кращих з можливих варіантів було проведено ранжування всіх ймовірних варіантів роботи напірного каналізаційного колектора.

Результати розрахунків деяких ймовірних варіантів роботи (після ранжування в порядку збільшення енергоємності) приведено в табл. 3.

Висновки. Ранжування ймовірних варіантів роботи напірного каналізаційного колектора в порядку зростання показника енергоємності дало змогу зробити наступні висновки:

Найменшим показник енергоємності є для всіх шести ймовірних варіантів, коли лише один з насосних агрегатів працює на водовод.

Другою за показником енергоємності є група варіантів, коли насос останньої перед очисними спорудами КНС працює в парі з насосом будь-якої іншої КНС.

Третім за значимістю є показник у групи варіантів, коли насос останньої перед очисними спорудами КНС працює з насосами двох будь-яких інших КНС.

Найбільшу енергоємність мають варіанти роботи, коли:

- працюють в парі два насосних агрегати будь-яких КНС (крім останньої перед очисними спорудами КНС);
- працюють три насоси будь-яких КНС (крім останньої перед очисними спорудами КНС);
- працюють чотири або п'ять насосів будь-яких КНС;

- працюють всі шість насосів.

Показник енергоємності розрахованих згідно проекту модернізації колектора ймовірних варіантів роботи запроєктованого обладнання коливається в межах від 0,14 до 0,24 кВт·год/м³, що є меншим за фактичний показник, який був прийнятий як базовий (0,404 кВт·год/м³).

Одержані результати пояснюються різними гідравлічними характеристиками насосного обладнання, що є у наявності на КНС, місцем розташування насосного обладнання у гідравлічній системі напірного колектора та, як наслідок, взаємним впливом при його паралельній роботі.

Тому, при проектуванні таких об'єктів, як напірні каналізаційні колектори, що працюють у сукупності з насосним обладнанням КНС, необхідно враховувати взаємний вплив роботи КНС та їх насосного обладнання. Урахування цієї особливості необхідне при розробці режимів роботи систем напірних колекторів (КНС та трубопроводів) для мінімізації об'ємів споживаної електроенергії насосними агрегатами КНС.

Проведення таких розрахунків з застосуванням предметно-орієнтованої моделі є прийнятним з точки зору продуктивності проведення роботи та якості результатів.

Література

1. *Кравченко В.С.* Водопостачання та каналізація. Підручник / *В.С. Кравченко.* – К. : Кондор, 2007 – 288 с.
2. *Запольський А.К.* Водопостачання, водовідведення та якість води. Підручник / *А.К. Запольський.* – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
3. *Яковлев С.В.* Канализация. Учебник для вузов / *С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, А.И. Жуков, С.К. Колобанов.* - 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
4. *Курганов А.М.* Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации / *А.М. Курганов, Н.Ф. Федоров.* – Л.: Стройиздат, 1973. – 408 с.
5. *Зацепина М.В.* Курсовое и дипломное проектирование водопроводных и канализационных сетей и сооружений: Учеб. пособие для техникумов / *Зацепина М.В.*. – Л.: Стройиздат, 1981. – 176 с.

Таблиця 3. Результати розрахунків деяких ймовірних варіантів роботи (після ранжування в порядку збільшення енергоємності)

№ ймовірного варіанта роботи	Найменування КНС, що працює в даному варіанті	Тип насоса, що працює в даному варіанті	Розрахункові значення					
			Q, м ³ /год	H, м	N, кВт	Q _{сум.} , м ³ /год	N _{сум.} , кВт	Енергоємність, кВт·год/м ³
1	КНС Д	СД 450-56	950,0	43,49	133,58	950	133,58	0,14
2	КНС Г	FLYGT 3231	995,0	48,98	159,40	995	159,40	0,16
3	КНС Б	ЦН 800-50	870,0	54,11	151,44	870	151,44	0,17
4	КНС А	ЦН 800-50	719,1	56,19	136,06	1599	268,52	0,17
	КНС Д	СД 450-56	879,9	46,23	132,46			
5	КНС Б	ЦН 800-50	801,4	56,13	145,36	1670	277,48	0,17
	КНС Д	СД 450-56	868,6	46,66	132,12			
6	КНС А	ЦН 800-50	406,1	61,88	85,21	1830	331,74	0,18
	КНС Б	ЦН 800-50	573,9	61,41	115,07			
	КНС Д	СД 450-56	850,0	47,37	131,47			
7	КНС А	ЦН 800-50	433,9	61,53	90,48	1980	365,78	0,18
	КНС В	RITZ SW200-46	723,6	63,72	145,01			
	КНС Д	СД 450-56	822,5	48,40	130,30			
8	КНС А	ЦН 800-50	586,2	59,08	117,04	1390	262,85	0,19
	КНС Г	FLYGT 3231	803,8	54,83	145,81			
9	КНС А	ЦН 800-50	303,9	62,94	64,93	1520	303,74	0,20
	КНС Б	ЦН 800-50	488,7	62,85	100,54			
	КНС Г	FLYGT 3231	727,4	57,24	138,27			
10	КНС А	ЦН 800-50	38,3	64,09	8,33	1670	347,08	0,21
	КНС Б	ЦН 800-50	358,9	64,52	76,00			
	КНС В	RITZ SW200-46	637,0	66,96	135,13			
	КНС Г	FLYGT 3231	635,8	60,17	127,62			
11	КНС А	ЦН 800-50	20,0	64,58	90,00	2300	536,59	0,23
	КНС Б	ЦН 800-50	307,6	65,01	65,68			
	КНС В	RITZ SW200-46	616,6	67,72	132,51			
	КНС Г	FLYGT 3231	585,6	61,81	121,03			
	КНС Д	СД 450-56	770,2	50,33	127,38			
12	КНС А	ЦН 800-50	1,0	65,87	95,00	2300	551,68	0,24
	КНС А	СД 450-56	219,9	65,87	49,33			
	КНС Б	ЦН 800-50	143,3	65,98	31,09			
	КНС В	RITZ SW200-46	599,3	68,38	130,20			
	КНС Г	FLYGT 3231	570,7	62,30	118,96			
	КНС Д	СД 450-56	765,8	50,48	127,10			

ОБ ОПЫТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НАПОРНЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Сотник Н.И., Гапич Л.В.

Аннотация – рассмотрен вопрос о необходимости модернизации канализационных систем жилищно-коммунального хозяйства Украины. Описано фактическое состояние работы напорного канализационного коллектора г. Сумы и произведена оценка энергоёмкости работы оборудования на сегодняшний день. Рассмотрены основные параметры, которые необходимо учитывать при построении предметно-ориентированной модели работы коллектора.

THE EXPERIMENT OF HYDRAVLIC WORK'S SYSTEMS SUBSTANTIALLY-ORIENTED MODELING USING AT THE PRESSURE SEWAGE COLLECTORS DESIGN

N. Sotnik, L. Gapich

Summary

The question of the necessity to modernize sewage systems of housing and communal services in Ukraine is considered. The actual state of Sumy pressure sewage collector is described and current day energy consumption of equipment is evaluated. The basic parameters that must be taken into account when constructing the object-oriented model of the collector are considered.