

УДК 628.21

Н. И. ГРИГОРЕНКО, О. В. МАЙСТРЕНКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

АНАЛИЗ МЕТОДА РАСЧЕТА СИСТЕМ ВАКУУМНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКЕ

В статье выполнен анализ метода расчета систем вакуумной канализации, используемого в зарубежной практике. Определено, что его применение вызывает ряд осложнений при проектировании и встает актуальный вопрос научного обоснования и разработки более совершенного метода расчета системы вакуумной канализации для малых населенных пунктов.

малые населенные пункты, вакуумное транспортирование сточной жидкости, расчет вакуумной канализации

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Одним из перспективных решений проблемы канализования сел, поселков и малоэтажных застроек является применение гидропневматической вакуумной системы транспортирования стоков [1–3]. Использование данной технологии возможно уже сейчас, но только путем сотрудничества с иностранными фирмами, проекты которых основаны на эмпирических расчетных данных. Эмпирические таблицы, используемые для расчетов, к сожалению, не имеют под собой мощной теоретической базы и дают лишь ориентировочные значения. Также в этих таблицах представлены значения для стандартных проектов, т.е. для равномерного распределения подключений и плоскому рельефу местности. Для нестандартных проектов, например в случае подключения большого числа потребителей в конце участка, эта методика непригодна. Создание более точного метода расчета для различных случаев проектирования на сегодняшний день является первоочередной задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Наружная вакуумная система канализационных сетей предназначена для сбора городских и промышленных сточных вод в малых населенных пунктах с малой плотностью заселения, а также для объектов временного пользования (лагеря, пансионаты, кемпинги) и санитарных зон водоемосточников. Вакуумная система является закрытой системой трубопроводов без возможности проникновения, т.е. отсутствуют смотровые колодцы, а значит и запахи, поступающие из них в атмосферу. В системе нет ревизионных колодцев и резервуаров для прочистки канализационных труб. Благодаря постоянно поддерживаемому отрицательному давлению в системе не возникают утечки сточных вод. Высокая скорость (от 3,5 до 5,0 м/с) транспортируемой смеси «жидкость-воздух» в трубах предотвращает образования отложений [1–4]. Самыми известными производителями вакуумных систем являются фирмы Roediger, Airvac, ISEKI, которые имеют множество филиалов по всему миру [5]. Наиболее известными учеными и инженерами, которые внесли существенный вклад в развитие вакуумного транспортирования сточных вод являются Liernur, J. Liljendahl, D. G. Quatfass, M. Roediger, Alan F. Hussett, I. A. Cooper, J. W. Rezek, R. Betz, T. Asanagi, а также вопросу вакуумного транспортирования посвящены работы авторов статьи.

Целью работы являются анализ метода расчета, применяемого на практике за рубежом, который послужит основой для разработки рекомендаций по повышению эффективности расчета систем вакуумной канализации.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Проектирование вакуумной системы состоит из:

- определения соотношений количества жидкости и воздуха в системе;
- определения диаметра труб;
- построения продольного профиля сети;
- гидропневматического расчета клапанов, сборных шахт, канализационных сетей, сборных резервуаров, вакуум-насосов.

Гидропневматический расчет системы должен быть проведен так, чтобы во время, когда нет притока, обеспечить в системе минимальный уровень вакуума, а время на восстановление вакуума не превышало заданного значения.

При подборе диаметра рекомендуется не увеличивать скорость потока больше необходимой для работы системы (увеличения трения, потери при ускорении). Увеличение соотношения «жидкость-воздух» в вакуумном клапане может увеличить производительность вакуумной системы. Благодаря увеличению притока воздуха в систему подается больше энергии, что позволит повысить скорость, но это приведет к увеличению потерь на трение. В гидропневматическом расчете необходимо учитывать как статические, так и динамические условия в сети.

Детальный гидродинамический расчет процесса транспортировки не может быть выполнен из-за неравномерности и постоянно меняющейся структуры потока. Недостаток теоретической базы обусловил тот факт, что для определения диаметра труб сети служат фиксированные решения в таблицах с ориентировочными значениями (табл. 1, 2) [6].

Таблица 1 – Ориентировочные значения среднего соотношения «воздух-вода» в главном коллекторе

Длина главного коллектора, м	Среднее соотношение «воздух-вода» (LWV) при плотности населения			
	0,05 чел/м	0,1 чел/м	0,2 чел/м	0,5 чел/м
500	3,5–7	3–6	2,5–5	2–5
1 000	4–8	3,5–7	3–6	2,5–5
1 500	5–9	4–8	3,5–7	3–6
2 000	6–10	5–9	4–8	3,5–7
3 000	7–12	6–10	5–9	4–8
4 000	8–15	7–12	6–10	(5–9)*

*Примечание: лишь в отдельных исключительных рекомендованных случаях.

Таблица 2 – Ориентировочные значения для определения диаметров трубопроводов

Среднее соотношение «воздух-вода» (LWV)	Номинальный диаметр участков, мм						
	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250*
	Число жителей на участке, чел						
2	0–110	0–350	250–600	350–900	500–1 400	750–2 100	1 100–3 000
4	0–65	0–200	135–340	200–500	300–800	400–1 200	600–1 650
6	0–45	0–140	95–240	140–350	200–550	300–820	400–1 150
8	0–35	0–105	75–185	105–270	150–425	220–625	300–850
10	0–30	0–85	60–150	85–220	120–340	175–500	250–700
12	0–25	0–75	50–125	75–180	100–290	150–425	200–600

*Примечание: рекомендуется только в особых случаях.

С помощью значений, перечисленных в таблице 2 определяется диаметр труб на участках сети в зависимости от количества жителей и среднего соотношения «воздух-вода», полученного по данным таблицы 1. Плотность населения в данном случае определяется как отношение числа жителей на рассматриваемом участке к длине главного коллектора.

В таблице 1 представлена зависимость среднего соотношения «воздух-вода» (LWV – Luft zu Wasser Verhältnis (нем.)) от плотности населения и длины главного коллектора вакуумной системы канализации. Отношение минимального предлагаемого значения LWV к максимальному для одного и того же случая составляет от 40 до 50 %, что вызывает затруднения в принятии наиболее точного и экономически оправданного значения при проектировании. Например, согласно табл. 1 для длины главного коллектора 500 м и плотности населения 0,05 чел/м величину LWV рекомендуется принимать от 3,5 до 7,0. Кроме того, отсутствуют какие-либо рекомендации для интерполирования или

другого способа определения конкретного значения LWV на расчетном участке. Т. е. проектировщик должен интуитивно либо на основании опыта эксплуатации выбрать оптимальную величину соотношения «воздух-вода» на участке, что не всегда возможно для специалистов, которые сталкиваются с данной задачей впервые.

Расчет вакуумной системы канализации основан на предположении, что все вакуумные клапаны на трассе трубопровода, начиная с конца наиболее удаленного участка до вакуумной станции, открыты. При этом условии определяется максимальная потеря гидростатического давления на расчетном участке сети. Данное допущение предполагает значительный запас вакуума, что зачастую экономически нецелесообразно.

При подробном рассмотрении табл. 2 можно увидеть, что при одном и том же соотношении «воздух-вода» и числе жителей, проживающих на расчетном участке, область рекомендуемых диаметров трубопровода лежит в пределах от двух до трех сортаментов. Рекомендации по выбору наиболее экономически оправданного диаметра трубопровода отсутствуют, что опять же может привести к затруднительным ситуациям при проектировании и удорожанию проекта при неправильном подборе трубопроводов вакуумной системы канализации. Например, по данным табл. 2 при среднем соотношении $LWV = 4$ и числе жителей 200 человек на участке можно подобрать диаметр в диапазоне от 80 до 125 мм.

Существует еще несколько ограничений при использовании существующего метода расчета вакуумных систем транспортирования сточной жидкости. Расчет вакуумной системы канализации по существующему методу ограничен количеством жителей 2 100 человек (в особых случаях 3 000 человек). При этом количество жителей в малых населенных пунктах может насчитывать до 5 000 человек [7], что сужает область применения существующего метода расчета вакуумных канализационных систем даже в пределах малых населенных пунктов. При расчете систем вакуумной канализации существующий метод не учитывает изменения вакуумметрического давления на различных участках сети, а только предполагает его величину в пределах от 30 до 60 кПа [8].

Также необходимо отметить, что в Украине не практикуется определение диаметров и других параметров систем канализации в зависимости от количества жителей, т. е. расчетные таблицы или номограммы наиболее удобно представить в виде зависимости диаметра трубопровода от расхода сточной жидкости на расчетном участке [9].

Украина относится к индустриально-аграрным государствам, на ее территории, в том числе и в малых населенных пунктах, расположено довольно большое количество промышленных предприятий и сельскохозяйственных комплексов. При использовании метода расчета вакуумной системы канализации, предлагаемого зарубежными компаниями, расход сточных вод от объектов промышленности и сельского хозяйства необходимо переводить в эквивалентное количество жителей или искать другие способы выражения расхода сточных вод, что не совсем удобно. При использовании количества жителей, как основного показателя объема сброса сточной жидкости в определении диаметра трубопроводов, невозможно определить неравномерность поступления сточных вод в вакуумную сеть. Сброс сточных вод от населения и промышленных предприятий неравномерны [10], а отсутствие данных о притоке канализационных стоков в сборную емкость вакуумной насосной станции не позволяет точно рассчитать объем ее, а также режим и время работы вакуум-насосов. Поэтому, с инженерной точки зрения, целесообразно подбирать диаметр трубопровода в зависимости от расхода сточной жидкости, поступающей на расчетный участок.

Данные таблицы применимы для равномерного распределения подключений и плоской местности. В случае подключения большого числа людей в конце участка необходимо ориентировочно предусматривать иное соотношение воздуха и воды.

Таким образом, вышеуказанный метод расчета не может быть использован для нестандартных проектов. В случае возникновения ситуации, при которой применение таблицы 1 и таблицы 2 невозможны, рекомендовано пригласить поставщика системы. Отклонения от стандарта должны быть технически обоснованы. В частности, эксплуатационная безопасность может быть обеспечена посредством комплекса дополнительных технических мер, таких как автоматические аэрационные станции или блоки вакуумного клапана с прерывистым потреблением воды и подсосом воздуха.

Т. е. можно сказать, что применение зарубежных рекомендаций по расчету систем вакуумной канализации в нашей стране довольно проблематично и вызывает ряд осложнений при проектировании, а также не соответствует государственным строительным нормам [11], что в свою очередь делает актуальными научное обоснование и разработку более совершенного метода расчета системы вакуумной канализации для малых населенных пунктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нездойминов, В. И. Применение вакуумной канализации для малых населенных пунктов в Украине [Текст] / В. И. Нездойминов, Н. И. Григоренко, Д. В. Заворотный // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХОТВ АБУ, 2010. – (60). – С. 241–247.
2. Математическое описание газожидкостной структуры потока в системе транспортирования жидкости под вакуумом [Текст] / В. И. Нездойминов, В. С. Рожков, Н. И. Григоренко, Д. В. Заворотный // Motrol. Commision of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2013. – Vol. 15, № 6. – P. 125–132.
3. Нездойминов, В. И. Применение на практике модели расчета системы вакуумной канализации [Текст] / В. И. Нездойминов, Н. И. Григоренко // Вестник БрГТУ «Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология». – 2013. – № 2 (80). – С. 57–60.
4. Hagan, D. C. Alternative Wastewater Study [Text] / D. C. Hagan. – Florida : Greeley and Hansen, 2007. – 153 p.
5. Чередниченко, И. Л. Вакуумная канализация – инновационная технология для сбора сточных вод [Текст] / И. Л. Чередниченко // С. О. К. – 2009. – № 1. – С. 16–19.
6. Hawn, C. Understanding Vacuum Sewer Technology [Text] / C. Hawn // Water Environment & Technology (WE&T). – 2011. – Vol. 23, No. 5. – P. 1–4.
7. Положення про порядок вирішення питань адміністративно-територіального устрою Української РСР [Електронний ресурс] : Постанова № 1654-Х від 12.03.1981: із змінами, внесеними згідно із Законом N 4865-VI від 24.05.2012 // Законодавство України. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1654-10> – Загол. з екрану.
8. Manual. Alternative Wastewater Collection Systems [Text] : EPA/625/1-91-024 / Authors: Wiliam C. Bowne, Richard C. Naret, Richard J. Otis. – October 1991. – Washington, DC : U.S. Government Printing Office, 1991. – 207 p.
9. Лукиных, А. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского [Текст] / А. А. Лукиных, Н. А. Лукиных. – Изд. 4-е, доп. – М. : Стройиздат, 1974. – 156 с.
10. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст] : Учебник для ВУЗов / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков, В. И. Калицун. – М. : Стройиздат, 1996. – 392 с.
11. ДБН В.2.5-75:2013. Державні будівельні норми України. Каналізація зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – На заміну СНиП 2.04.03-85 ; чинні від 2014-01-01. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 113 с.

Получено 05.09.2014

Н. І. ГРИГОРЕНКО, О. В. МАЙСТРЕНКО
АНАЛІЗ ЗАКОРДОННОГО МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ ВАКУУМНОЇ
КАНАЛІЗАЦІЇ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті виконано аналіз методу розрахунку систем вакуумної каналізації, що використовується в зарубіжній практиці. Визначено, що його застосування спричиняє ряд ускладнень при проектуванні і встає актуальне питання наукового обґрунтування і розроблення більш досконалого методу розрахунку системи вакуумної каналізації для малих населених пунктів.

малі населені пункти, вакуумне транспортування стічної рідини, розрахунок вакуумної каналізації

NADEZHDA GRIGORENKO, OLGA MAJSTRENKO
ANALYSIS OF THE CALCULATION METHOD OF VACUUM SEWER SYSTEMS
USED IN FOREIGN PRACTICE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This article gives an analysis of the calculation method of vacuum sewer systems used in the foreign practice. It has been determined that application of this method has some complications in the design and raises urgent question of scientific substantiation and development of improved methods of calculating vacuum sewer systems for small communities.

small communities, vacuum transportation of wastewater, calculation of vacuum sewer system

Григоренко Надія Іванівна – асистент кафедри водопостачання, водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: каналізування малих населених пунктів, транспортування стічних вод під дією вакууму, процеси в газорідних системах в умовах негативного тиску.

Майстренко Ольга Викентьевна – асистент кафедри водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: каналізаційні системи малих населених пунктів, розрахунок водовідвідних мереж.

Григоренко Надежда Ивановна – асистент кафедри водоснабження, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: канализование малых населенных пунктов, транспортировка стоков под действием вакуума, процессы в газожидкостных системах в условиях отрицательного давления.

Майстренко Ольга Викентьевна – асистент кафедри водоснабження, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: канализационные системы малых населённых пунктов, расчет водоотводящих сетей.

Grigorenko Nadezhda – Assistant, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the sewer systems of small settlements, transporting sewage under vacuum, processes in gas-liquid systems under negative pressure.

Majstrenko Olga – Assistant, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: sewer system of small settlements, calculation of sewage networks.