

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОМИНИМИЗАЦИЯ

DOI 10.15593/2409-5125/2015.02.09

УДК 622.691.4

Л.М. Батракова

ООО «Научно-исследовательское, проектное и производственное предприятие по природоохранной деятельности "Недра"»

Т.Н. Белоглазова

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ГАЗИФИКАЦИИ ПОСЕЛЕНИЯ

Рассмотрены известные способы газификации населенных пунктов, удаленных от магистральных газопроводов, на нужды отопления, горячего водоснабжения и приготовления пищи, путем понижения давления в общепоселковом газораспределительном пункте (ГРП) и индивидуальном ГРПШ, установленным у каждого абонента. Рассмотрены варианты альтернативных видов топлив и приведены сравнительные характеристики с традиционными топливами. Выполнен сметный расчет в программе «Гранд-смета» на основании сметно-нормативной базы с использованием повышающих коэффициентов на 2013 г.

Приведен сравнительный анализ затрат на газификацию поселка природным газом низкого или среднего давления и на установку общепоселковой котельной, переоборудованной для работы на биотопливе.

Ключевые слова: газ, газоснабжение, газификация, газораспределительная сеть, трубопроводы, рапсовое масло, биотопливо, сметный расчет, блочная котельная, форсунка.

Важным фактором привлечения населения для проживания вне городских агломераций, является создание благоприятных и комфортных условий жизни, включая развитие инженерной и социальной инфраструктуры поселений. Одним из таких факторов является тепло- и газоснабжение, что актуально как для давно существующих поселений, так и проектируемых коттеджных поселков.

Как правило, владельцы частного жилья заинтересованы в оптимальном решении вопросов обеспечения тепловой энергией, газом и по возможности горячим водоснабжением. Для проектирования газораспределительных сетей необходимо учитывать и то, что на практике газификация означает лишь то, что к населенному пункту будет подведена труба от газовой магистрали, но относительно быстрое и недорогое подключение может быть только у собственников строений, расположенных в непосредственной близости от нее, для газификации отдаленных объектов потребуются дополнительные вложения. Немаловажно и то, что для объектов незавершенного строительства и при отсутствии оформленного права собственности на строение подключение к магистральному газопроводу не произойдет и при наличии технической возможности.

Решение вопросов газоснабжения зависит от ряда факторов, определяющими из которых являются надежность, плотность застройки, характеристика абонентов и количество потребляемого газа, радиус действия сети. При проектировании учитываются климатические и геолого-гидрологические особенности территории, рельеф местности, наличие искусственных и естественных преград, выполнение всех требований к объекту строительства в рамках существующих норм и правил [1–3]. Немаловажным являются и факторы заинтересованности собственников, которые определяются экономическими затратами и ресурсной обеспеченностью.

На сегодняшний день сложно переоценить достоинства природного газа, он является доступным и эффективным топливом. В сравнении с другими видами топлива газ обладает следующими *преимуществами* [2, 4–6]:

1. Стоимость добычи природного газа значительно ниже, чем других видов топлива, производительность труда при его добыче выше, чем при добыче нефти и угля, и, как следствие, низкая себестоимость.

2. Возможность транспортировки природного газа на дальние расстояния по трубопроводам.

3. Высокая температура в процессе горения, полнота сгорания позволяют эффективно применять природный газ в качестве энергетического и технологического топлива.

4. В экологическом отношении природный газ является чистым видом минерального топлива, при его сгорании значительно уменьшается количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу по сравнению с другими видами топлива.

Вместе с тем природный газ обладает и некоторыми *отрицательными свойствами*:

1. Смеси газа с воздухом являются пожароопасными, при внесении в такие смеси источника огня или сильном нагревании происходит воспламенение.

2. Резкое возрастание давления при сгорании газа в ограниченном объеме (помещении, топке, газопроводе) обуславливает разрушительный эффект взрыва.

3. При концентрации метана в воздухе, превышающей 10% -й порог, вследствие уменьшения количества кислорода возможно удушье.

Известны способы автономной газификации поселений. Например, ассоциацией газовых хозяйств Сибири и Дальнего Востока «Сибдальвостокгаз», решающих актуальные проблемы газоснабжения отдаленных объектов, для автономной газификации разработаны варианты с использованием компримированного природного газа (КПГ), сжиженного природного газа (СПГ), сжиженного углеводородного газа (СУГ) на основе пропан-бутана. В каждом из рассматриваемых способов для газификации необходимы не только бесперебойная поставка газа, но и создание инфраструктуры производства, транспортирования и хранения [6–8].

Газоснабжение с использованием сжатого природного газа (КПГ) ориентировано на имеющуюся сеть магистральных газопроводов с наличием сети газокompрессорных станций, где природный газ под высоким давлением (до 200 атм.) заполняется в сосуды и специализированным транспортом доставляется до объектов газоснабжения. Основным недостатком газоснабжения КПГ является большая металлоемкость и проблемы доставки газа до объектов газоснабжения в сосудах высокого давления.

Производство и газоснабжение сжиженным природным газом (СПГ) – более сложный процесс. Сжижение газа производится на специальных заводах или на мини-установках, требуется специализированный транспорт для перевозки СПГ, установки регазификации и хранения непосредственно на объектах газоснабже-

ния. В настоящее время для производства СПГ существует завод (о. Сахалин) и ограниченное число мини-установок (Санкт-Петербург, Екатеринбург, Москва и др.). Оборудование из-за высокой себестоимости мало распространено.

СУГ (пропан-бутан) имеет высокие потребительские свойства, как и природный газ, что позволяет минимизировать изменения и эксплуатировать газовое оборудование на разных видах газовых смесей. Газ, тепло, горячее водоснабжение, а при установке газового электрогенератора резервное или постоянное электроснабжение позволяют быть полностью независимым от внешних источников энергии (магистрального газопровода, линий электропередачи, теплотрасс). Автономная газификация с использованием СУГ включает в себя всю инфраструктуру: производство, доставку специализированным транспортом в регионы, сеть региональных газонаполнительных станций, пунктов и установок для регазификации [6, 8]. Объемы производства СУГ в России значительно превышают потребности внутреннего рынка, имеются возможности значительного увеличения его производства. Проблемами использования СУГ для бытовых нужд и автономной газификации являются: перебои в поставках и нестабильные оптовые цены, превышающие затраты по его производству в несколько раз.

Истощение мировых и российских запасов природного газа в меньшей степени влияет на повышение цен поставки газа потребителю, чем причины, связанные с удаленностью от трассы магистрального газопровода, наличием инфраструктуры производства, способами транспортирования до потребителя, техническими устройствами для хранения. В то же время прогнозы по изменению стоимости добычи и транспортирования природного газа и его потенциальная исчерпаемость [6, 9] как ресурса требует превентивного рассмотрения возможностей альтернативных видов топлива из возобновляемых ресурсов, прежде всего из биомассы растений и отходов их переработки (древесина, продукты сельскохозяйственного производства и др.).

Теоретически и экспериментально доказана перспективность применения в качестве биотоплива растительных масел, с использованием их в качестве самостоятельного топлива или добавки к дизельному топливу (ДТ). Современное производство биодизельного топлива в Евросоюзе составляет 12 млн т в год, про-

гноз на 2020 г. – 23 млн т в год [9, 10]. В качестве сырья для биодизеля применяется сельскохозяйственная культура рапс (лат. *Brássica nápus*). Считается, что высокая урожайность рапса дает возможность из 1 т его семян получить 300–350 кг (30 %) рапсового масла, а из него – 270–280 кг биодизельного топлива. Сырьевая база этой культуры практически неисчерпаема. Перспективным считается, как и в случае других масел, не само рапсовое масло, а получаемый из него метиловый эфир жирных кислот рапсового масла – МЭРМ. В Германии действуют более 90 заводов по производству рапсового масла, биодизель в соотношении ДТ и МЭРМ 43:8 выпускают 8 предприятий.

Сравнение по ряду характеристик традиционных и альтернативных видов топлив представлено в табл. 1, 2.

Таблица 1

Характеристики углеродных и альтернативных видов топлив
(по материалам [9])

Вид топлива	Эмиссия парниковых газов	Экологическая безопасность		Адаптированность	
		в процессе производства	при сгорании	к условиям транспортирования и хранения	к конструкции дизеля
Дизельное топливо	–	–	–	+	+
СПГ	–	+	+	–	–
СУГ	–	+	+	–	–
Метанол	–	–	+	+	+
Рапсовое масло	+	+	+	+	+
Метиловый эфир рапсового масла	+	+	+	+	+

+ наличие преимуществ по сравнению со штатным дизельным топливом;
– отсутствие преимуществ.

Заявляемыми преимуществами использования топлива из рапса являются:

1) экологическая безопасность по общему содержанию углекислого газа («нулевая эмиссия CO₂»);

- 2) практически полное биологическое разложение;
- 3) отсутствие в составе выбросов соединений серы, полициклических ароматических углеводородов (канцерогенных веществ), сниженное содержание оксидов азота, углеводородов, сажи в составе выбросов в атмосферу из-за снижения температуры сгорания и наличия 10–12 % мас. кислорода.

Таблица 2

Физические свойства дизельного топлива, МЭРМ и смеси рапсового масла и дизельного топлива по результатам исследования ГНУ ВИМ (по материалам [11])

Показатели	МЭРМ	Смесь рапсового масла и дизельного топлива (75:25)	Дизельное топливо (ГОСТ 305-82 Л/З)
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	37,2–37,5	38,3	41,8–42,5
Плотность, кг/м ³ при $t = 20$ °С	877–915	890	826–860
Вязкость ($t = 20$ °С), мм ² /с	78	38,2	3,6/1,8–5
Цетановое число	41	42	45
Коксуемость 10 % остатка, %	0,43	0,4	0,3
Массовая доля серы, %	0,05	0,16	0,5

В то же время по сравнению с нефтепродуктами биотопливо характеризуется меньшей теплотой сгорания (на 7–10 %), более высокой вязкостью, повышенной склонностью к нагарообразованию, необходимостью обоснования оптимальных соотношений МЭРМ и ДТ для работы дизельных двигателей. Кроме того, требования к агротехнике и химической обработке больших территорий, занятых однотипной культурой, ограничивают использование рапса для производства биодизеля.

Нами выполнено технико-экономическое сравнение вариантов газоснабжения, при которых может использоваться природный газ низкого или среднего давления для обеспечения горячего водоснабжения жилых домов, работы системы отопления и приготовления пищи или как альтернативное топливо для централизованной теплофикации поселения в холодное время года.

Технико-экономическое сравнение вариантов газоснабжения выполнено для поселения с жилой застройкой из 53 индивидуальных домов в деревянном и кирпичном исполнении. С целью горячего водоснабжения жилых домов, работы системы отопления и обеспечения газом для приготовления пищи использовался природный газ низкого давления (вариант 1), природный газ среднего давления с понижением давления в ГРПШ (вариант 2) и биотопливо из рапсового масла (вариант 3). Проведены расчеты, в которых первый и второй варианты сравнивались по затратам на строительство на основании сметной стоимости [1, 3, 4, 12]. Сметный расчет на прокладку газопроводов среднего и низкого давления выполнен в программе «Гранд-смета». В варианте 3 затраты включают в себя приобретение блочной котельной (принята мощность оборудования 0,7 МВт без учета нагрузки на приготовление пищи) и модернизацию.

Сметная стоимость является исходной основой для определения размера капитальных вложений, финансирования строительства, расчетов за выполнение подрядных строительно-монтажных работ, оплаты расходов по приобретению оборудования и доставке его на стройку, а также возмещение других затрат за счет средств, предусмотренных сводным сметным документом. Сметная стоимость определяется на основании нормативных документов сметно-нормативной базы 2001 или 1984 г., разработанной в новых экономических условиях деятельности инвестиционно-строительного капитала Российской Федерации, которая обеспечивает участников инвестиционно-строительного процесса новым механизмом достоверного определения в условиях рыночных отношений. Исходя из сметной стоимости ведется учет и отчетность, производится оценка деятельности строительно-монтажных организаций, а также формируется балансовая стоимость вводимых в действие основных фондов по построенным предприятиям, зданиям и сооружениям [13].

В перечень ресурсов локальной сметы включены затраты труда, затраты на эксплуатацию строительных машин и затраты на материальные ресурсы.

Затраты труда. Размер средств, необходимый для оплаты труда, зависит от времени и стоимости труда. Количество времени, необходимое для выполнения работ, приведено в Государст-

венных элементных нормах на строительные работы (ГЭСН-2010). Стоимость труда рабочих принимается на основании соглашения между заказчиком и подрядчиком.

Затраты на эксплуатацию строительных машин определяются исходя из данных по времени использования необходимых машин и цены одного машино-часа и их эксплуатации. Нормативная потребность в строительных машинах и механизмах и времени их работы может определяться на основе данных таблиц сборников ГЭСН-2010; по данным плана организации строительства, согласованного с подрядчиком; по данным проекта производства работ.

Стоимость эксплуатации машин определялась с учетом амортизационных исчислений на полное восстановление; затрат на выполнение всех видов ремонта, диагностирование и техническое обслуживание; затрат на замену быстроизнашивающихся частей; затрат на энергоносители; затрат на приобретение смазочных материалов, на гидравлическую и охлаждающую жидкость; оплаты труда машинистов, водителей; затраты на переезд машин с одной строительной площадки на другую, включая монтаж машин с выполнением пусконаладочных операций, демонтаж, транспортировку с погрузочно-разгрузочными операциями.

Материальные ресурсы. Сметная стоимость строительно-монтажных работ складывается из прямых затрат, накладных затрат и сметной прибыли.

Прямые затраты включают в себя: оплату труда рабочих, стоимость материалов, деталей и конструкций, расходы на эксплуатацию строительных машин и механизмов. Прямые затраты формируют основную часть строительства СМР.

Накладные расходы предусматриваются в сметах для покрытия собственных расходов строительно-монтажных организаций, связанных с организацией и управлением строительством, обеспечением необходимых производственно-хозяйственных условий для функционирования процесса строительного производства, организации и обслуживания СМР.

Из составленных смет установлено, что экономические затраты рассмотренных вариантов отличаются незначительно и составляют 55 680,26 руб. (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение сметной стоимости вариантов газификации, руб.

Предмет затрат	Вариант газопровода	
	Сети низкого давления	Сети среднего давления с понижением давления в ГРПШ
Материалы	1 256 142,33	1 316 576,04
Фонд оплаты труда	625 043,46	588 101,04
Машины и механизмы	1 644 043,69	1 564 872,14
Итого	3 525 229,48	3 469 549,22

Вариант 3 (с использованием биотоплива) оценен по затратам, связанным с капитальными затратами, в том числе ориентировочной стоимости типовой блочной котельной (К) и форсунки фирмы Weishaupt (Ф) по данным [13, 14], а также с учетом расходов на приобретение топлива.

Стоимость блочной котельной с учетом замены форсунки:

$$\begin{aligned} Z_{\text{тр.кот}} &= (\Phi + K) \cdot 30 \% = (260\,000 + 1\,380\,000) \cdot 30 \% = \\ &= 1\,640\,000 \text{ руб.} \end{aligned}$$

«Выгодная» стоимость за 1 л биотоплива (Π_6) с учетом срока окупаемости оборудования 10 лет:

$$\begin{aligned} \alpha K - (V_r^{\text{год}} \cdot \Pi_r - G_{\text{бр}} \cdot \Pi_6) &\leq 0, \\ (-\alpha K + V_r^{\text{год}} \cdot \Pi_r) / G_{\text{бр}} &\geq \Pi_6, \end{aligned}$$

где α – коэффициент окупаемости ($\alpha = 0,1755$); $V_r^{\text{год}}$ – годовой расход природного газа, принят равным $662\,759,75 \text{ м}^3/\text{год}$; Π_r – стоимость природного газа, принята равной $3,78 \text{ руб./ м}^3$; $G_{\text{бр}}$ – расход биотоплива, л/год.

$$\begin{aligned} \Pi_6 &= (-0,1755 \cdot 1\,640\,000 + 2\,505\,231,85) / \\ & / 538\,150 = 4,12 \text{ руб./л.} \end{aligned}$$

В сравнении с затратами на разработку и монтаж газораспределительной сети приобретение и установка блочной котельной менее затратные, но вследствие отличия стоимости приобретения природного газа и биотоплива, срок окупаемости котельной для централизованной теплофикации поселения в холодное время года превысит 10 лет.

Библиографический список

1. Жила В.А., Клочко А.К., Маркевич Ю.Г. Нахождение конфигурации газораспределительных сетей математическими методами // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер. Политематическая. – 2013. – Вып. 1(25). – URL: [http://www.vestnik.vgasu.ru/attachments/ZhilaKlochkoMarkevich-2013_1\(25\).pdf](http://www.vestnik.vgasu.ru/attachments/ZhilaKlochkoMarkevich-2013_1(25).pdf).

2. Газоснабжение: учеб. для вузов / А.А. Ионин [и др.]; под ред. В.А. Жилы. – М.: АСВ, 2011. – 471 с.

3. Белоглазова Т.Н., Романова Е.К. Проектирование газораспределительных сетей населенного пункта на основе выбора рациональной схемы // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2014. – № 1 (13). – С. 43–51.

4. Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н., Мелехин А.А. Экономическая оценка газораспределительных сетей на стадии технико-экономического обоснования // Естественные и технические науки. – 2014. – № 9–10 (77). – С. 387–390.

5. Акимочкин И.В. Позиция России на европейском рынке газа // Газовая промышленность. – 2012. – № 6 (675). – С. 16–18.

6. Ассоциация газовых хозяйств Сибири и Дальнего Востока «Сибдальвостокгаз» [Электронный ресурс]. – URL: – <http://www.sibgazovik.ru/news/association> (дата обращения: 22.12.2014).

7. Межрегионгаз Газпром Пермь [Электронный ресурс]. – URL: – <http://permrg.ru/abonents/ptl/> (дата обращения: 22.12.2015).

8. Автономная газификация [Электронный ресурс]. – URL: <http://gaztehn.ru/index.php/avtonomnaya-gazifikatsiya/avtonomnaya-gazifikatsiya> (дата обращения: 22.12.2014).

9. Агродизель [Электронный ресурс] / В.А. Макаров, А.И. Гайворонский, С.Н. Девянин, Е.Г. Пономарев // Автомобильная промышленность. – 2006. – № 2. – URL: www.avtomash.ru/guravto/2006/20060201.htm

10. Половинкин В.Н. Альтернативные виды топлив [Электронный ресурс] // Еженедельный обозреватель GasWeek. – URL: <http://gasweek.ru/index.php/1064-alternativnye-vidy-topliv> (дата обращения: 22.12.2014).

11. Дослідження фізико-хімічних показників альтернативного біопалива на основі ріпакового масла / А.П. Марченко, В.Г. Семенов, Д.У. Семенова [и др.] // Машинобудування: Вісник

Харківського державного політехнічного університету. Збірка наукових праць. – Харків: ХДПУ, 2000. – Вип. 101. – С. 159–163.

12. Белоглазова Т.Н. Разработка схем газораспределительных сетей с учетом их стоимости // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. – 2013. – № 3 (11). – С. 172–178.

13. Каталог продукции компании ТеплоГазоЭнергоКомплект [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tgekomplekt.ru>.

14. Каталог продукции компании Weishaupt [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.weishaupt.ru/products/gorelki>.

References

1. Zhila V.A., Klochko A.K., Markevich Ju.G. Nakhozhdenie konfiguratsii gazoraspredeletelnykh setej matematicheskimi metodami [Finding configuration hectares zoraspredelitelnyh networks mathematical methods]. *Internet-vestnik VolgGASU. Ser. Politematicheskaya*, 2013, vyp. 1(25), available at: [http://www.vestnik.vgasu.ru/attachments/ZhilaKlochkoMarkevich-2013_1\(25\).pdf](http://www.vestnik.vgasu.ru/attachments/ZhilaKlochkoMarkevich-2013_1(25).pdf).

2. Ionin A.A. [et al.]. Gazosnabzhenie [Gas supply]. Moscow: ASV, 2011. 471 p.

3. Beloglazova T.N., Romanova E.K. Proektirovanie gazoraspredeletelnykh setej naselennogo punkta na osnove vybora ratsional'noj skhemy [Design of gas distribution networks of the settlement based on the choice of the rational scheme]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika*, 2014, no. 1 (13), pp. 43–51.

4. Beloglazova T.N., Romanova T.N., Melekhin A.A. Ekonomicheskaya otsenka gazoraspredeletel'nykh setej na stadii tekhniko-ekonomicheskogo obosnovaniya [Economic evaluation of gas distribution networks in the stage of feasibility study]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2014, no. 9–10 (77), pp. 387–390.

5. Akimochkin I.V. Pozitsiya Rossii na evropejskom rynke gaza [Russia's position on the European gas market]. *Gazovaya promyshlennost*, 2012, no. 6 (675), pp. 16–18.

6. Assotsiatsiya gazovykh khozyajstv Sibiri i Dalnego Vostoka «Sibdal'vostokgaz», available at: <http://www.sibgazovik.ru/news/association> (accessed 22 December 2014).

7. Mezhrefiongaz Gazprom Perm, available at: <http://perm-gaz.ru/abonents/ptl/> (accessed 22 December 2014).

8. Avtonomnaya gazifikatsiya, available at: <http://gaztehn.ru/index.php/avtonomnaya-gazifikatsiya/avtonomnaya-gazifikatsiya> (accessed 22 December 2014).

9. Makarov V.A., Gajvoronskij A.I., Devjanin S.N., Ponomarev E.G. Agrodizel [Agrodiesel]. *Avtomobilnaya promyshlennost*, 2006, no. 2, available at: www.avtomash.ru/guravto/2006/20060201.htm

10. Polovinkin V.N. Alternativnye vidy topliv [Alternative types of fuel]. *Ezhenedelnyj obozrevatel GasWeek*, available at: <http://gasweek.ru/index.php/1064-alternativnye-vidy-topliv> (accessed 22 December 2014).

11. Marchenko A.P., Semenov V.G., Semenova D.U. et al. Doslidzhennya fiziko-khimichnikh pokaznikov al'ternativnogo biopaliva na osnovi ripakovogo masla [Investigation of physical-chemical parameters of alternative biofuels based on rapeseed oil]. *Mashinobuduvannya. Visnik Kharkivs'kogo derzhavnogo politekhnichnogo universitetu. Zbirka naukovih prac'*. Kharkiv: HDPU, 2000, vip. 101, pp. 159–163.

12. Beloglazova T.N. Razrabotka skhem gazoraspredeletelnykh setej s uchetom ikh stoimosti [Development of schemes of gas distribution networks, taking into account their cost]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Urbanistika*, 2013, no. 3 (11), pp. 172–178.

13. Katalog produktsii kompanii TeploGazoJenergoKomplekt, available at: <http://www.tgekomplekt.ru/>

14. Katalog produktsii kompanii Weishaupt, available at: <http://www.weishaupt.ru/products/gorelki/>

Получено 28.04.2015

L. Batrakova, T. Beloglazova

**TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION
OF GASIFICATION OF SETTLEMENTS**

The known methods of gasification of settlements, remote from the main gas pipelines for heating, hot water and cooking, by lowering the pressure. Consider using alternative fuels, comparative characteristics of traditional fuels. The comparison of cost-benefit analysis for the gasification of the village of natural gas low or medium pressure and installation *obscheposelkovoy* boiler converted to run on biofuels. Completed budget calculation in the "Grand estimates" based on the estimate and regulatory framework with increasing coefficients for 2013.

Keywords: gas, gas supply, gasification, gas distribution network, pipelines, rapeseed oil, biofuels, budget calculation, block boiler, nozzle.

Батракова Любовь Максимовна (Пермь, Россия) – инженер ООО «НИППППД "Недра"» (614064, г. Пермь, ул. Льва Шатрова, 13а, e-mail: nedra@nedra.perm.ru).

Белоглазова Татьяна Николаевна (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и водоснабжения, водоотведения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, tabeloglazova@yandex.ru).

Batrkova Lubov (Perm, Russian Federation) – Engineer Scientific research design production enterprise for environmental activities "NEDRA" (614064, Perm, str. L. Shatrova, 13A, e-mail: nedra@nedra.perm.ru).

Beloglazova Tatyana (Perm, Russian Federation) – Ph.D in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of heat, ventilation and water supply, sewerage water system, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29), e-mail: tabeloglazova@yandex.ru).