

скорость ветра уменьшится до величины  $V_2$ , то, как показано на рисунке, механическая характеристика ветроколеса станет соответствовать выражению (8) и рабочая точка ветроагрегата переместится в положение  $A_2$ . Одновременно уменьшится и оптимальная угловая скорость ветроколеса до величины  $\omega_{\text{опт}2} = \omega_{\text{т.хх}2}$ . При этом на выходе элемента сравнения регулятора появится отрицательная величина  $\Delta\omega$  и регулятор, как было показано выше, или уменьшит величину магнитного потока  $\Phi$ , или увеличит сопротивление нагрузки  $R_H$ . Генератор перейдёт при этом на характеристику:

$$M_r = f_{r_2}(\omega) = \frac{(C \Phi_2)^2}{R_{я} + R_{H2}} \omega \quad (14)$$

Наклон характеристики увеличится, рабочая точка переместится в положение  $A_2$ , соответствующее оптимальному режиму ветроагрегата при изменившейся скорости ветра.

Конструкция регулятора может быть ещё более упрощена при соосном расположении ветроколеса и вспомогательной ветротурбины [5]. Тогда отпадает необходимость в элементе сравнения регулятора, так как непосредственно на его вход можно подать

величину взаимного углового смещения лопастей ветроколеса  $\Delta\varphi$ , пропорциональную  $\Delta\omega$ .

Таким образом, предлагаемый алгоритм функционирования регулятора загрузки ветроагрегата и элементы его структуры позволят при сравнительно простой нерегулируемой конструкции ветроколеса обеспечить максимальное использование энергии ветра при всех возможных его скоростях. В конечном итоге это позволит увеличить объём вырабатываемой электрической энергии ветроагрегатом и тем самым сократить срок окупаемости средств на его приобретение и установку.

### Литература

1. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. 280 с.
2. Адрианов В.Н., Быстрицкий Д.Н. Ветроэлектрические станции. М.: Государственное энергетическое изд-во, 1960. 310 с.
3. Д. де Рензо. Ветроэнергетика. М.: Энергоатомиздат, 1982. 272 с.
4. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. М.: ОППЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1956. 544 с.
5. Пат. 2454565. Российская Федерация. МПК F03D7/04 F03D9/00 Ветроэлектрический агрегат / Петько В. Г., Маловский Н. А., Митрофанов А. А., Красников А. В., заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный аграрный университет» (RU). № 2010111540/06, заявл. 25.03.2010, опубл. 27.06.2012. 2 с., ил.

## Инновационный метод реновации подземных трубопроводов

*Е.В. Левин, к.ф.-м.н., Р.Ф. Сагитов, ОАО «НИПИЭП»;*  
*И.Д. Алямов, к.с.-х.н., Оренбургский ГАУ;*  
*С.В. Шабанова, к.т.н., Оренбургский ГУ*

По протяжённости подземных трубопроводов для транспортировки нефти, газа, воды и сточных вод Россия занимает второе место в мире после США. Однако нет другой страны, где эти трубопроводные магистрали были бы так изношены (табл. 1).

Актуальность данной работы объясняется тем, что, по оценкам специалистов МЧС России, аварийность на трубопроводах с каждым годом возрастает и в XXI в. эти системы жизнеобеспечения вошли изношенными на 50–70%. Утечки из трубопроводов приносят стране огромный экономический и экологический ущерб. Особенно большое количество аварий происходит в городах в результате утечек воды из изношенных коммуникаций — канализационных, тепловых и водопроводных сетей. Из разрушенных трубопроводов вода просачивается в грунт, повышается уровень грунтовых вод, возникают провалы и просадки грунта, что ведёт к затоплению фундаментов и в конечном счёте грозит обрушением зданий (ежегодно в городах Российской Федерации на каждые 100 км коммуникаций приходится 45 аварий). Зарубежный опыт показывает, что эту

проблему можно решить, если вместо стальных трубопроводов применять трубы из пластмассы, а прокладку новых и ремонт изношенных осуществлять не открытым, а бестраншейным способом [1].

Наибольшими по протяжённости трубопроводов являются города-миллионеры, такие, как Москва, Санкт-Петербург, Самара, Волгоград и т.д.

Для того чтобы в течение 15 лет заменить аварийные сети, необходимо ежегодно реконструировать 315–375 тыс. км подземных коммуникаций. Выполнение этого объёма работ традиционными (траншейными) методами требует значительных затрат, что требует существенных экономических вложений.

На основании данных о состоянии трубопроводов по России, примерно 700 тыс. км трубопроводов отслужили нормальный срок и требуют замены.

В крупных городах проложены трубопроводы диаметром 500–800 мм (и выше). Их обслуживание предполагает регулярную чистку (санацию) и ремонт. При серьёзных повреждениях, вызванных, например, коррозионными процессами или истечением сроков амортизации, требуется полная замена вышедших из строя участков трубопроводов. В условиях существующей городской застройки проблема санации, ремонта и тем более замены трубопроводов связана с трудностями

## 1. Состояние трубопроводов РФ на 2011 г.

| Показатель  | Всего, тыс. км | В том числе канализация, тыс. км | Удельный вес, % |
|---|----------------|----------------------------------|-----------------|
| Общая протяжённость подземных сетей (без учёта внутриквартальных) | 1873,5         | 115,2                            | 6,15            |
| Из них отслужили нормативный срок и требуют замены                | 709,7          | 68,6                             | 9,67            |
| Ежегодное увеличение отслуживших нормативный срок                 | 71,5           | 15,3                             | 21,39           |
| Объём ежегодной замены, ликвидации изношенных участков до 2008 г. | 26,0           | 4,2                              | 16,15           |
| Фактически перекладывается  | 7,1            | 1,5                              | 21,13           |

безопасного и согласованного преодоления подземных коммуникаций (силовые электросети, слаботочные системы – связи, автоматизации и т.п., периферические водопроводные, канализационные и ливневые сети и т.п.). Работы по вскрытию дорожного покрытия в условиях города приводят к серьёзным изменениям в дорожном движении – транспортных потоков, маршрутов общественного транспорта. Таким образом, затраты связаны не только с дорогостоящими земляными работами и материалами, ремонтом дорожного асфальтобетонного покрытия, но и с серьёзными экономическими потерями.

Решить проблему позволят разработанные авторами способ и устройство для восстановления трубопроводов путём изготовления полимерной трубы в непригодной для эксплуатации трубе (технология RePipe от англ. Pipe (труба) и re – (возобновление). Предлагаемое техническое решение защищено патентами и заявками на изобретения:

Патент на изобретение № 2379573 «Способ ремонта трубопроводов и технологический комплекс для его осуществления» [2].

Решение о выдаче патента на изобретение по заявке на изобретение № 2008143379 «Способ нанесения покрытий на внутреннюю поверхность труб и технологический комплекс для его осуществления».

Решение о выдаче патента на изобретение по заявке на изобретение № 20081444244 «Способ и установка (вариант) для изготовления труб».

Предложенная технология основана на главном техническом решении, заключающемся в следующем: непосредственно в трубопроводе экструзионным методом изготавливается полимерная труба с диаметром, который меньше диаметра ремонтируемого трубопровода. Немедленно после выхода из экструдера горячая полимерная труба, находящаяся в термопластичном состоянии, «раскатывается» по внутренней поверхности ремонтируемой трубы. При соприкосновении с холодной стенкой стальной трубы происходит остывание изготовленной полимерной трубы, вследствие чего полимер переходит в твёрдое состояние [1].

Формирование трубы описанным выше способом позволяет отказаться от громоздкой и дорогостоящей вакуумной камеры и сделать комплекс компактным с возможностью использования его внутри восстанавливаемого трубопровода.

Достоинствами технологии являются [1]:

– отсутствие необходимости в земляных работах на всей трассе восстанавливаемого трубопровода. Комплекс RePipe вводится внутрь трубы в начало восстанавливаемого участка трубопровода и извлекается в конце после изготовления полимерной трубы;

– непригодная к эксплуатации стальная труба не извлекается на поверхность и играет роль образующей формы внешней поверхности изготавливаемой полимерной трубы;

– гидродинамическое сопротивление изготовленной полимерной трубы, несмотря на небольшое уменьшение диаметра, ниже за счёт значительно более низкой шероховатости внутренней поверхности полимерной трубы по сравнению со стальной (подвергнутой коррозии);

– остаточная прочность непригодной к использованию по прямому назначению стальной трубы позволяет экономить материал для производства полимерной трубы. Достаточно изготовить трубу толщиной, обеспечивающей стойкость к истиранию взвешенными веществами;

– возможность изготовления трубы со стенкой переменной толщины как по длине (на разных участках разная толщина стенки), так и по периферии (утолщённая нижняя стенка трубы для повышенной устойчивости к истиранию при транспортировке жидкостей с высоким содержанием взвешенных веществ), на стыках и узлах позволяет придать трубам любую форму.

Технология RePipe имеет значение государственного масштаба по следующим основаниям [1]:

– серийное производство оборудования, реализующее технологию RePipe, и создание сети специализированных технических центров по эксплуатации оборудования RePipe позволят при минимальных затратах в течение 2–3 лет решить проблему реновации трубопроводов в масштабах всей России. К примеру, изготовление полиэтиленовой трубы толщиной от 10 до 30 мм в трубе

## 2. Основные технико-экономические показатели проекта [1]

| Показатель   | Значение показателя |
|--|---------------------|
| Период расчёта, лет  | 10                  |
| Потребность в финансировании проекта за счёт заёмного капитала, млн руб. | 7 612,30            |
| Выплаты в бюджеты и внебюджетные фонды всех уровней, млн руб/год         | 5                   |
| Чистая прибыль, млн руб/год  | 780                 |
| Срок окупаемости с начала реализации проекта, мес                        | 109                 |
| Доходность на инвестированный капитал, % (годовых)                       | 88                  |
| Чистая текущая стоимость проекта ( <i>NPV</i> ), млн руб                 | 7792,81             |
| Внутренняя норма доходности ( <i>PI</i> ), %                             | 2,3                 |
| Индекс доходности ( <i>PI</i> )  | 1,02                |

диаметром 800 мм обойдётся от 1 до 5 тыс. руб. за 1 п. м в зависимости от применяемого сырья;

– использование технологии и оборудования RePipe позволит экономить бюджетные средства, выделяемые государством для производства высокозатратных земляных работ;

– изготовленный трубопровод, сочетающий лучшие качества полимерной трубы (коррозионную стойкость и низкое гидродинамическое сопротивление) и стальной (высокую механическую прочность – по сути, это железный футляр), позволит увеличить нормативный срок эксплуатации до 35–45 лет.

Основные технико-экономические показатели проекта и предварительный экономический расчёт приведены в таблице 2.

**Выводы.** Общий срок реализации проекта работ составит 120 мес. Его реализация будет способствовать:

а) улучшению состояния и долговечности трубопроводов ЖКХ;

б) обеспечению высокой доходности за счёт низкой себестоимости работ;

в) улучшению экологической обстановки за счёт использования вторичного сырья в производстве.

#### Литература

1. NIPIEP (2013), Available at. URL: <http://nipiep.ru/oborudovanie/clean/> (дата обращения 10.12.2013)
2. Патент РФ № 2008141037/06, 15.10.2008. Левин Е.В. Способ ремонта трубопроводов и технологический комплекс для его осуществления // Патент России № 2379573. 2008. Бюл. № 13.