

equipment. The article analyzes the artificial climate system as technological complex with an integrated control system. This approach permits to take into account the effect of external perturbations and technological interaction of the equipment in the control system. Applying the methods of structural analysis of the theory of control we obtained the parametric scheme of the industrial air-conditioner with desuperheater. To improve the quality of control it is recommended to apply the program-parameter setting of temperature and humidity regulators of the air-conditioner, depending on the season. The suggested parametric scheme can be used by specialists occupied with the design of industrial computer-integrated technological complex of air conditioning. This will bring the control system of the air conditioner to a higher level and will ensure the efficient consumption of energy for the artificial climate control system

Keywords: air-conditioner, method of "optimal mode", parametric diagram, control system.

У статті сформульовані сучасні проблеми міських систем водовідведення, що пов'язані з їхньою довгостроковою експлуатацією в умовах біохімічно агресивних середовищ. Запропоновано технологію нанесення на внутрішню поверхню трубопроводу великого діаметра двокомпонентних полімерних матеріалів високої в'язкості, що дозволяє одержувати клеючі та захисні покриття в процесі безтраншейного відновлення та ремонту

Ключові слова: системи водовідведення, екологічна безпека, безтраншейні технології, біогенна корозія, захисні полімерні композиції

В статье сформулированы современные проблемы городских систем водоотведения, связанные с их длительной эксплуатацией в условиях биохимически агрессивных сред. Предложена технология нанесения на внутреннюю поверхность трубопровода большого диаметра двухкомпонентных полимерных материалов высокой вязкости, позволяющая получать подклеивающие и защитные покрытия в процессе бестраншейного восстановления и ремонта

Ключевые слова: системы водоотведения, экологическая безопасность, бестраншейные технологии, биогенная коррозия, защитные полимерные композиции

УДК 691:628.2

ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ

В. А. Андронов

Доктор технических наук, профессор,
проректор по научной работе

Национальный университет гражданской защиты
Украины

ул. Чернышевская, 94, г. Харьков, Украина, 61023

Контактный тел.: (057) 704-18-02

E-mail: andrnvladimir@rambler.ru

Ю. М. Данченко

Кандидат технических наук, доцент,
заведующая кафедрой

Кафедра общей химии

Харьковский национальный университет строительства
и архитектуры

ул. Сумская, 40, г. Харьков, Украина, 61002

Контактный тел.: (057) 706-20-81

E-mail: danchenko-00@mail.ru

1. Введение

Общая протяженность канализационных сетей в Украине 51 011,4 км, из которых в аварийном и ветхом состоянии находятся 18 187, 7 км, или 35,7%. Наибольшая протяженность ветхих и аварийных сетей канализации сточных вод в Донецкой – 3 563,0 км, Харьковской – 1722,8 км, областях и АР Крым – 1610,8 км [1]. Износ сетей водоотведения продолжает расти, повышая вероятность техногенных и экологических катастроф, угрожающих масштабными загрязнениями грунта и грунтовых вод.

Одной из основных причин нарушения работы водоотведения и экологической безопасности городских систем канализации сточных вод являются аварии на участках железобетонных тоннельных коллекторов глубокого заложения (20 – 50 м) диаметром 1,8 – 3,2 м. Как известно, канализационные коллекторы и трубопроводы из железобетона, не выдерживают свой гарантированный срок эксплуатации и выходят из строя намного раньше нормативного срока по причине микробиологической коррозии внутренней поверхности трубопроводов [2].

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Для решения задачи реконструкции сетей широкое распространение в нашей стране и за рубежом получили бестраншейные технологии восстановления и ремонта трубопроводов [3-5]. В большинстве случаев эти технологии включают этап нанесения на внутреннюю поверхность трубопровода термореактивного двухкомпонентного материала чаще на основе эпоксидных [6,7] или уретановых связующих [8,9], не содержащих растворителей. Современные технологии нанесения двухкомпонентного материала способом пневматического распыления не автоматизированы и предусматривают участие человека, спускающегося непосредственно в трубу [4], что небезопасно, а в некоторых случаях неосуществимо. Таким образом, до настоящего времени практически отсутствует автоматизированный комплекс оборудования для нанесения на внутреннюю поверхность трубопроводов большого диаметра глубокого заложения двухкомпонентных материалов на основе отверждающихся систем с высокой вязкостью.

3. Цель и задачи исследования

Процесс внутреннего покрытия трубопроводов сетей канализации, находящихся под землей, по сравнению с нанесением защитных покрытий на открытые изделия осложнен тем, что обрабатываемая поверхность малодоступна. Это обстоятельство заставляет предъявлять специфические требования к подготовке поверхности, выбору эффективного способа нанесения материала, применению того или иного оборудования. Поэтому применение высоковязких двухкомпонентных отверждающихся олигомерных систем для восстановления и ремонта трубопроводов \varnothing 800-1400 мм водоотведения потребовало разработки высокопроизводительного механизированного технологического процесса с привлечением известных отечественных узлов, аппаратов и других технических решений.

4. Экспериментальные данные и их обработка

Технологический процесс включает две основные стадии: подготовку поверхности и собственно нанесение двухкомпонентного покрытия. Подготовка поверхности бетона перед нанесением покрытия играет технологически важную роль для получения покрытия высокого качества и обеспечения его длительной службы.

Подготовка поверхности железобетонного трубопровода заключается в ее максимально полной очистке от загрязнений и пыли, заделке трещин цементным раствором. Наиболее распространенные способы очистки можно условно разделить на четыре группы: сухие, мокрые, комбинированные и специальные. Авторами работы [10] была проведена их сравнительная характеристика и сделаны выводы, что для очистки поверхности бетона перед ремонтом после деструктивного воздействия биохимически агрессивных сред

в зависимости от условий проведения работ можно рекомендовать два наиболее эффективных способа: водоструйный при давлении 450-500 атм. и дробеструйный при давлении 7 атм. Давление в 500 атм. может быть обеспечено лишь при использовании достаточно габаритного и дорогостоящего оборудования. Дробеструйный метод практически мало осуществим из-за трудности удаления отработанной дроби из трубопровода при работе дробеструйного аппарата, а также высокая стоимость работ. При небольших объемах работ, а также в малодоступных местах, целесообразно использование малогабаритного оборудования для очистки одним из двух других менее производительных способов: водоструйный при давлении 200-250 атм. + механический (ручным или механизированным инструментом) или механический (ручным или механизированным инструментом).

Поэтому очистку внутренней поверхности трубопровода от загрязнений предложено проводить механическим методом с использованием торцевых вращающихся металлических щеток с индивидуальным пневмоприводом, которые монтируются на консольной стреле. Схема установки очистки поверхности трубы металлическими щетками приведена на рис. 1.

В основу установки положен принцип очистки внутренней поверхности цилиндрических железобетонных трубопроводов торцевыми металлическими щетками, одновременно вращающимися относительно оси трубопровода и собственной оси при медленном поступательном движении внутри трубы. Установка состоит из аппарата очистки и пульта управления (8), который устанавливается вне трубопровода и соединяется с аппаратом с помощью резиноканевых шлангов (7). По шлангам в аппарат подается сжатый воздух под давлением 0.05-0.6 МПа на пневматические приводы вращения щеток. Аппарат представляет собой передвижную конструкцию, состоящую из корпуса пневмопривода узла вращения (2), собственно узла вращения (3) с двумя щетками (4) с индивидуальными пневмоприводами (5). Последние установлены на телескопических направляющих (13), направленных в диаметрально противоположные стороны в плоскости, перпендикулярной оси трубы, и могут закрепляться на необходимом расстоянии в зависимости от диаметра трубы. Центрирование аппарата в трубопроводе обеспечивается шестью телескопическими направляющими опорами с подпружиненными роликами на концах (по три опоры в двух плоскостях, перпендикулярных к поверхности трубы и расположенных равномерно по окружности). Все опоры жестко закреплены на корпусе узла вращения. Регулируемое перемещение аппарата внутри трубопровода осуществляется закрепленным к нему тросом от тянущего устройства (6). На пульте управления (8) смонтирована разводка двух линий сжатого воздуха с контрольными манометрами (9) и регуляторами давления сжатого воздуха (10). На линиях сжатого воздуха установлены также маслораспылители (11) для более надежной работы турбинок пневмодвигателя; каждая линия и общая магистраль оборудованы пробковыми кранами (12) для отключения воздуха.

Очистка трубопровода от загрязнений осуществляется в следующем порядке:

1. Аппарат вводится внутрь так, чтобы щетки, соприкасающиеся с очищаемой поверхностью, оказались на уровне конца трубопровода.
2. Подается воздух на вращение щеток вокруг своей оси, а затем на узел вращения.
3. Включается тянущее устройство и начинается передвижение аппарата по трубопроводу со скоростью, обеспечивающей равномерную и качественную очистку поверхности трубопровода.

Оптимальные режимы (скорость вращения щеток, их давление на очищаемую поверхность и продолжительность обработки) определяются в зависимости от состояния обрабатываемой поверхности, выбранного типа щетки, требуемой чистоты поверхности.

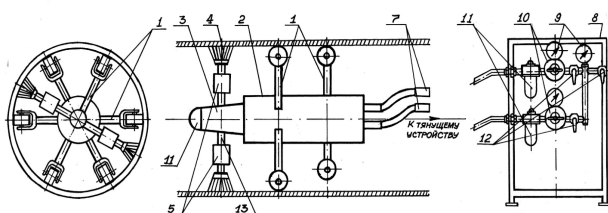


Рис. 1. Схема установки очистки внутренней поверхности трубы металлическими щетками

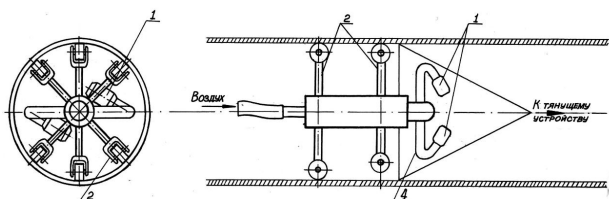


Рис. 2. Схема установки для удаления пыли с поверхности трубы после очистки

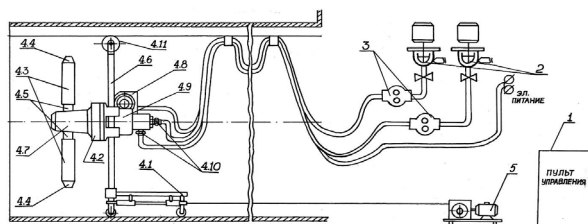


Рис. 3. Принципиальная схема комплекса оборудования для нанесения покрытия на внутреннюю поверхность трубы

Установлено, что окружная скорость вращения щеток при очистке поверхности бетона от загрязнений может быть принята 15-25 м/сек. Давление рабочей поверхности щетки в зоне контакта с бетоном определяется жесткостью ворса (при рабочей скорости вращения) и величиной сближения поверхностей. Величина оптимального давления (натяга) определяется в конкретных условиях опытным путем. Установлено, что в зависимости от степени загрязненности поверхности это давление составляет 0.3-1.2 МПа, что соответствует натягу от 3 до 6 мм (натяг определяется величиной сближения щетки и очищаемой поверхности после соприкосновения).

По окончании очистки с поверхности трубопровода удаляется пыль обдувкой сухим и чистым воздухом давлением не ниже 0.2-0.3 МПа. Для этой цели используется двухрожковый форсункодержатель (рис. 2), у которого рожки (4) согнуты так, что факел воздуха составляет с поверхностью трубы 30-45°, а выходные отверстия форсунок (1) направлены в противоположные стороны. Для центрирования форсункодержателя в трубе и его перемещения по ней к корпусу форсункодержателя (3) прикреплены опоры, имеющие на концах ролики. При очистке сжатым воздухом внутренней поверхности трубопровода от пыли двухрожковый форсункодержатель перемещают с равномерной скоростью внутри изделия, как показано на рис. 2.

При наличии на очищенной поверхности дефектов они подвергаются оштукатуриванию, и после очистки от пыли приступают к нанесению материала.

Анализ литературных данных показал, что одним из экономичных и качественных способов нанесения лакокрасочных материалов является безвоздушное распыление как разновидность гидравлического. Известно, что при безвоздушном распылении однокомпонентных лакокрасочных материалов с рабочей вязкостью до 200 с по ВЗ-4 распыление происходит при давлении порядка 8.0-20.0 МПа. При этом потери материалов на туманообразование уменьшаются на 30-35% по сравнению с пневматическим распылением.

Поэтому, учитывая вышеизложенное, а также то обстоятельство, что используемые в настоящее время покрывные материалы представляют собой двухкомпонентную систему, была выбрана технологическая схема нанесения покрытия на внутреннюю поверхность железобетонного трубопровода путем использования способа безвоздушного распыления с предварительным нагреванием исходных компонентов (если это необходимо).

В основу конструкции для пневматического распыления однокомпонентного лакокрасочного материала, положен принцип окраски внутренней поверхности труб факелом распылителей, вращающихся относительно оси трубы при медленном поступательном движении устройства внутри трубы. При нанесении двухкомпонентных материалов требуется тщательное предварительное смешение компонентов, которое может осуществляться в статической смесительной насадке лабиринтного типа, расположенной перед выходом из струйной форсунки. Нагнетание компонентов при необходимых их соотношениях осуществляется с помощью шестеренных насосов с пневматическим или электроприводом. Нагревание исходных компонентов приводит не только к снижению вязкости, но и понижению поверхностного натяжения наносимого материала, что улучшает его распыление и способствует улучшению смачивания пористой и шероховатой бетонной подложки и его растеканию на поверхности.

Для решения задач, связанных с выбором параметров технологического процесса и оборудования для нанесения покрытия, необходимо наряду с технологическими и физико-химическими свойствами отверждающихся композиций и их исходных компонентов учитывать реологические и гидравлические факторы, сопутствующие соответствующим стадиям технологического процесса.

В элементах оборудования для нанесения покрытий отверждающиеся композиции и их компоненты подвергаются значительным переменным воздействиям, включая интенсивное перемешивание, перекачивание по трубопроводу высокого давления, а относительные скорости могут достигать 100-500 с⁻¹ и выше. Кроме того, исходя из условий хорошего распыления покрывного материала при высоких давлениях и нормальной работы смесительного и перекачивающего оборудования, вязкость не должна превышать 0.7-0.8 Па·с. Следует также помнить, что покрытие формируется на бетонной поверхности с температурой 10-15°С.

В связи с этим изучены реологические свойства на примере двухкомпонентного материала на основе эпоксидного связующего [7] в условиях, максимально приближенных к тем, в которых они находятся во время производства работ. Вязкость измеряли в диапазонах скорости сдвига 0.16-1300 с⁻¹ и температуры (288-333) ± 0.5 К. Результаты исследований представлены на рис. 4-5.

Экспериментальные данные представлены графиками зависимости между напряжением сдвига τ и скоростью сдвига $\dot{\gamma}$ и зависимости кажущейся вязкости η от $\dot{\gamma}$ при разных температурах. График зависимости $\lg \eta$ от $\lg \dot{\gamma}$ – прямая линия с тангенсом угла наклона к оси скоростей равным $n-1$, которая описывается уравнением:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = m \cdot \dot{\gamma}^{n-1},$$

где m – реологическая константа в степенном законе $\tau = m \cdot (\dot{\gamma})^n$; n – показатель отклонения поведения материала от ньютоновского.

Из рис. 4а видно, что связующее при низких температурах характеризуется некоторой аномалией вязкости, так как угол наклона $\text{tg} \alpha = n-1 > 0$ (при 15°С $n = 1.04$). При повышении температуры $\text{tg} \alpha$ уменьшается и при 50°С и 60°С эта система все ближе по поведению напоминает ньютоновскую жидкость ($n \approx 1$). Смесевой отвердитель (рис. 4б) во всем исследуемом интервале температур и скоростей сдвига ведет себя как ньютоновская жидкость ($\text{tg} \alpha = 0, n = 1$).

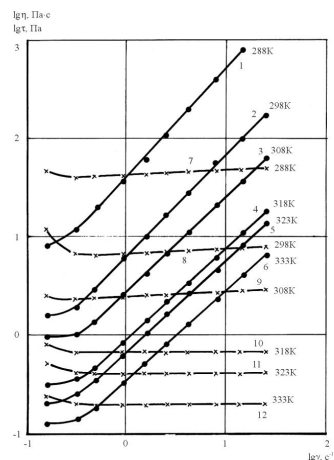
Сразу после смешения компонентов, как видно из рис. 5, система в начальный период ведет себя как псевдопластическая жидкость, так как $\text{tg} \alpha < 0$, однако степень отклонения от ньютоновского поведения незначительна и составляет $n = 0.97-0.98$ во всем интервале температур. На основании полученных данных определены минимальные температуры, при которых предпочтительнее перекачивать отдельные компоненты и использовать композицию для нанесения ее на поверхность бетона, и эти температуры не должны быть ниже 48-50°С.

Для определения рабочего интервала температур построены зависимости $\lg \eta$ от обратной температуры (рис. 6), из которых видно, что при температуре композиции не ниже 45°С можно перерабатывать методом безвоздушного распыления. На основании полученных при этих температурах результатов исследований были рассчитаны основные параметры технологического процесса и необходимого оборудования. Исследованные системы в условиях деформирования характеризуются незначительной аномалией вязкости и поэтому для инженерных гидравлических расчетов оборудова-

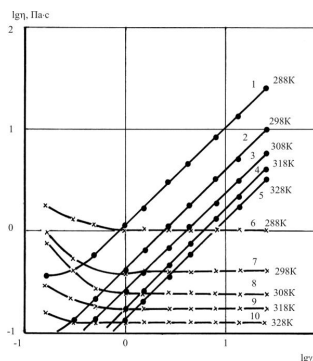
ния использовали математические зависимости, применяемые к вязким ньютоновским жидкостям.

Гидравлические расчеты выполнены с целью выбора необходимых рабочих параметров комплекса оборудования и технологического процесса нанесения двухкомпонентных покрытий на внутреннюю поверхность железобетонных коллекторных трубопроводов диаметром 800-1400 мм (расстояние между колодцами 100-150 м) с производительностью 2 л/мин. Объемное соотношение компонентов (связующее:отвердитель) составляло 1:0.44. Безвоздушное распыление осуществляется через две форсунки-насадки типа УР-1 (ТУ 6-10-1792-80) при давлении 12 МПа при температуре композиции 50°С. В результате проведенных расчетов определены оптимальные геометрические размеры нагнетательных гибких резиновых шлангов и каналов, перепады давления (потери давления) по длине нагнетательной линии и произведен выбор насосного и статического оборудования, смесительных элементов.

Результатом проведенных теоретических и экспериментальных исследований явилась разработка комплекса оборудования, обеспечивающего механизацию и автоматизацию стадий подготовки двух компонентов, нагнетания их в коллектор к установке нанесения покрытий, смешения в статическом смесителе и нанесения покрытия безвоздушным распылением. Комплекс мобильный, установлен на автомобильном прицепе, доставляется на объект автотранспортом.



а



б

Рис. 4. Изменение напряжения сдвига (1-6) и вязкости (7-12) связующего (а) от скорости деформирования и изменение напряжения сдвига (1-5) и вязкости (6-10) отвердителя (б) от скорости деформирования

Принципиальная схема комплекса оборудования для нанесения двухкомпонентного покрытия на внутреннюю поверхность коллекторного трубопровода Ø 800-1400 мм представлена на рис. 3.

Комплекс состоит из следующего основного оборудования:

1. Пульты управления, служащего для автоматизированного и ручного управления процессами приготовления и контролирования кондиционирования исходных компонентов, их отдельного дозирования, нагнетания и распыления.
2. Комплекта двух смесителей для отдельного приготовления и конденсирования двух компонентов при температуре 55-60° С и вязкостью < 0.6 Па·с. Смеситель №1 для приготовления смеси связующего емкостью 0.13 м³ и смеситель №2 для приготовления смесового отвердителя емкостью 0.07 м³. Смесители снабжены якорной мешалкой с электроприводом и электронагревательной рубашкой мощностью 3 кВт. Регулирование температуры автоматическое.

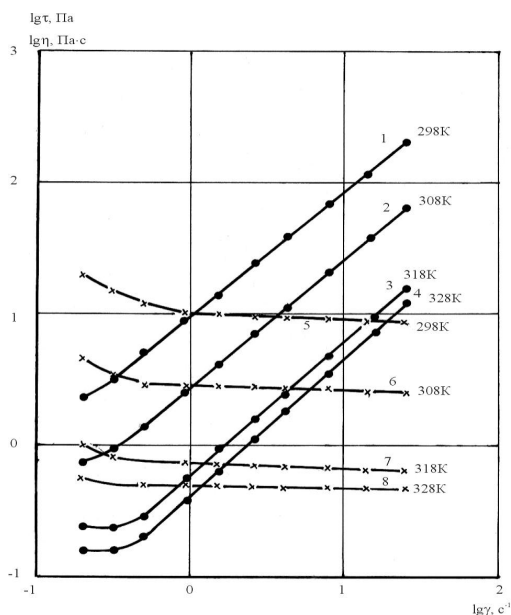


Рис. 5. Изменение напряжения сдвига (1-4) и вязкости (5-8) композиции от скорости деформирования

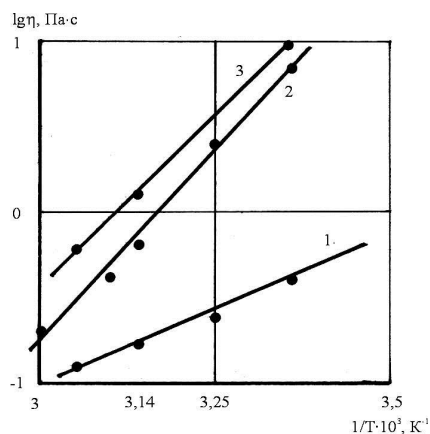


Рис. 6. Изменение вязкости отвердителя (1), связующего (2) и композиции (3) от обратной температуры

3. Установки нагнетательной, предназначенной для отдельного нагнетания к распыляющей установке двух компонентов в объемном соотношении связующее:отвердитель = 1:0.44 при давлении до 16 МПа. Два шестеренных насоса НШ 6Е-3 с рабочим объемом 6.3 см³ и с регулируемым числом оборотов 550-600 и 400-450 об/мин. Привод – индивидуальный электрический постоянного тока прямого действия мощностью 2.2 кВт. Установка укомплектована нагнетательными рукавами высокого давления (РВД) тип I (ГОСТ 6286-73), рассчитанными на давление до 20 МПа и температуру до 100°С в теплоизолирующей оболочке с условным проходом 13 и 9 мм. Всасывающие рукава присоединены непосредственно к сливному штуцеру смесителей. Электронасосная установка укомплектована электрическими исполнительными механизмами для автоматического регулирования подачи путем изменения частоты вращения вала приводного двигателя и контрольными манометрами.
4. Аппарата для нанесения покрытия (4), предназначенного для распыления композиции на внутреннюю поверхность железобетонного трубопровода. Аппарат представляет собой передвижную раму (4.1) с двумя парами боковых опор, на которой смонтирован узел вращения (4.2) с двумя проточными смесителями статического типа (4.3) и двумя распылительными форсунками-насадками типа УР-1 (ТУ 6-10-1792-80) (4.4). Смеситель представляет собой полую трубку, в которую вставляется смесительный элемент лабиринтного типа, предназначенный для смешивания связующего и отвердителя. Смесители и распылители установлены на направляющих (4.5) и могут закрепляться на разном расстоянии до изолируемой поверхности. Узел вращения укреплен на стойках (4.6) с помощью клеммных зажимов и может перемещаться в вертикальной плоскости, что позволяет сдвигать ось вращения распылителей, устанавливая ее по центру трубы в зависимости от диаметра последней (800-1400 мм и более). Узел вращения состоит из головки-питателя (4.7) электродвигателя постоянного тока (4.8) и редуктора (4.9). Головки-питатели служат для отдельного приема двух компонентов связующего и отвердителя, поступающих в аппарат, и подачи их к вращающимся статическим смесителям и распылителям. Головка-питатель навинчивается на выходной вал редуктора и закрепляется на нем с помощью клеммового соединения. Выходной вал редуктора – полый. Внутри него концентрично расположены трубки для подачи связующего. По кольцевому зазору между трубкой и стенкой вала подается отвердитель. Распылители вращаются в аппарате от электродвигателя постоянного тока мощностью 0.6 кВт через редуктор, снижающий скорость до 40-80 об/мин. Редуктор трехступенчатый, цилиндрический с передаточным отношением 1:35. На задней стенке редуктора расположены

два штуцера (4.10) для подсоединения высоконапорных шлангопроводов, подающих связующее и отвердитель. Рама, предназначенная для установки аппарата по центру изделия и его перемещения, представляет собой трубчатую сварную конструкцию с четырьмя телескопическими опорами с колесами на концах и двумя вертикальными стойками. Последние расположены в задней части рамы. На них укрепляется редуктор. В узле крепления колес предусмотрена возможность регулировки их развала и схождения для лучшей устойчивости рамы при движении ее внутри коллектора. В передней части рамы имеется кронштейн для крепления аппарата к механизму перемещения с регулируемой скоростью (4.11).

передвигать аппарат по трубе со скоростью, обеспечивающей равномерное, без пропусков, нанесение слоя композиции.

Все технологические параметры процесса нанесения определяются предварительно в результате отработки режимов и приводятся в технологической инструкции.

5. Выводы

Таким образом, разработанный технологический процесс получения и нанесения двухкомпонентного полимерного покрытия на внутреннюю поверхность трубопроводов сетей водоотведения обеспечивает следующие преимущества по сравнению с известными:

- 1) позволяет применять двухкомпонентные композиции для бестраншейного ремонта и восстановления эксплуатирующихся малодоступных для человека трубопроводов (Ø 800-1400 мм);
- 2) совместное использование известных узлов оборудования позволяет ускорить процесс приготовления и нанесения покрытия, включая подготовку поверхности, и провести ремонтные работы с наименьшими временными и трудовыми затратами;
- 3) комплекс оборудования рассчитан на весь объем ремонтных работ, включая подготовку поверхности трубопровода; для перехода от одного вида работ к другому необходимо заменять незначительные детали на узле вращения передвижной установки, что легко выполняется вручную;
- 4) применение безвоздушного способа распыления обеспечивает экономию материалов и хорошее качество покрытий;
- 5) появляется возможность автоматизации и регулирования процесса нанесения покрытия;
- 6) исключается непосредственный контакт обслуживающего персонала с компонентами композиции.

Таблица 1

Технические параметры комплекса

Производительность, л/мин	2.0
Давление на распыление, МПа	12-14
Скорость вращения распылителей, об/мин	40-100
Расстояние от сопла распылителя до поверхности, мм	150-250
Установленная мощность, кВт (не более)	11.0

Работа комплекса осуществляется в следующем порядке:

1. Производится расчетная загрузка смесителей соответствующими компонентами, включается обогрев и перемешивающее устройство. Необходимая температура компонентов поддерживается автоматически с точностью $\pm 1^\circ\text{C}$.
2. Аппарат с подсоединенными шлангопроводами, электропитанием и тросом для линейного перемещения вводится внутрь так, чтобы головки обоих распылителей оказались на уровне начала трубопровода.
3. Включается электропитание на вращение распылителей и на нагнетание компонентов на распыление.
4. После появления из сопел распылителей вращающихся факелов материала начинают

Литература

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні [Текст] / - К., 2012. – 360 с.
2. Юрченко, В.А. Особенности коррозии бетона в самотечных трубопроводах водоотведения [Текст] / В.А. Юрченко, В.Л. Черевнявский, А.Г. Ольгинский // Известия вузов. Строительство. – 2002. - №1-2 (517-518). – С.23-27.
3. Беляева, В.М. Устранение локальных повреждений трубопроводов бестраншейными методами [Текст] / В.М. Беляева, Н.Ю. Колесник // Коммунальное хозяйство городов. – 2010. – Вып. 93. – С.312-316.
4. Храменков, С.В. Бестраншейные технологии для модернизации канализационных трубопроводов [Электронный ресурс] / С.В. Храменков, А.Н. Пахомов, К.Е. Хренов [и др.]. – Режим доступа: <http://mosvodokanal.ru>.
5. Сахновская, В.Н. Новые технологии повышения надежности сетей водоснабжения и водоотведения [Текст] / В.Н. Сахновская // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2011. – Вип. 5(91). – С.149-152.
6. Бобылев, В.А. Эпоксидные материалы для бестраншейного ремонта трубопроводов [Текст] / В.А. Бобылев, В.И. Корольков // Лакокрасочная промышленность. – 2011. - №5. – С.8-12.
7. Данченко, Ю. Бактерицидні полімерні композиції для захисту бетону від біохімічної корозії [Текст] / Ю. Данченко, Р. Яковлева, В. Андронов, Р. Биков, І. Рянська // Фізико-хімічна механіка матеріалів. Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів. – 2008. - №7. – С.625-628.

8. Виданов, С.Н. Применение полиуретанового покрытия BASF OLDODUR WS 56 для ремонта систем водоотведения [Электронный ресурс] / С.Н. Виданов, Ю.С. Захаров. – Режим доступа: <http://www.ooo3s.ru>.
9. Бакаленко, А.И. Полимерные технологии Линабонд. Опыт применения при реконструкции сооружений системы водоснабжения и водоотведения [Текст] / А.И. Бакаленко // Технологии Мира. – 2012. - №05 (43). – С.37-42.
10. Латыпов, В.М. Рациональные способы подготовки поверхности бетона при ремонте конструкций после деструктивного воздействия серосодержащих соединений [Текст] / В.М. Латыпов, Т.В. Латыпова, А.Н. Авренюк // Известия КазГАСУ. – 2009. - №1 (11). – С.277-283.

Abstract

In the article it is defined the modern problems of municipal systems of waste water networks which are related with their long time of maintenance in terms of biologically and chemically aggressive environment. It is shown that nowadays the most effective methods of increasing reliability and ecological safety of concrete reinforced deep laid pipelines as well as methods of increasing their maintenance time are the technologies of trenchless modernization with use of polymeric compound materials. It is offered technology of applying polymeric compositions on the inner surface of pipeline of large diameter that allows to obtain glue and protective coatings during trenchless recovery and repair

Keywords: *waste water networks, ecological safety, trenchless technologies, biogenic corrosion, protective polymeric compositions*

У статті розглянуті основні проблеми в сфері автоматизованого керування вентиляцією на гірничодобувних підприємствах, проведено аналіз найбільш популярних систем контролю шахтної вентиляційної мережі (УТАС, Granch), виявлено їх переваги і недоліки. На базі проведеного аналізу розроблена динамічна модель прогнозу стану атмосфери тупикових вибоїв шахт

Ключові слова: *шахта, вентиляція, граф, провітрювання, вироблення, моделювання*

В статье рассмотрены основные проблемы в сфере автоматизированного управления вентиляцией на горнодобывающих предприятиях, проведен анализ наиболее популярных систем контроля шахтной вентиляционной сети (УТАС, Granch), выявлены их достоинства и недостатки. На базе проведенного анализа разработана динамическая модель прогноза состояния атмосферы тупиковых забоев шахт

Ключевые слова: *шахта, вентиляция, граф, проветривание, выработка, моделирование*

УДК 004.89

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ ТУПИКОВЫХ ЗАБОЕВ ШАХТ

А. Н. Шушуря

Кандидат технических наук*

Контактный тел.: 050-470-15-67

E-mail: leshu@i.ua

Р. В. Добров*

Контактный тел.: 050-913-48-25

E-mail: ruslandobrov@mail.ru

*Кафедра компьютеризированных систем управления
Донецкий национальный технический университет
пр. Богдана Хмельницкого, 84,
г. Донецк, Украина, 83114

1. Введение

Производственные процессы на горнодобывающих предприятиях сопровождаются выделением в воздух вредных для человека газов и паров, таких как: метан, оксид углерода, сероводород, диоксид углерода и другие. Для безопасной работы горняков содержание вредных газов и паров в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимой концентрации. Поддержание безопасного уровня атмосферы в шахте осуществляется путем вентиляции, в частности уста-

новкой главных вентиляторных установок и местных вентиляторных установок.

Выбросы опасных для жизни газов в атмосферу шахты могут быть спонтанными и в больших количествах. Для решения этой проблемы необходимо использовать автоматизированную систему в управлении вентиляцией. Это позволит наискорейшим способом ликвидировать газовый выброс и предотвратить аварийную ситуацию.

Наибольший расход электроэнергии при эксплуатации рудников и шахт приходится на вентиляцию. На типичном подземном руднике до одной трети от