

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ**

# **ВЕСТНИК**

**ЛУГАНСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 1(2)  
2016**

**ВОЗРОЖДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНЖИНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ  
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДОНБАССА:  
ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Луганск 2016

# ВЕСТНИК

ЛУГАНСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

№ 2 2016

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ОСНОВАН В 2015 ГОДУ  
ВЫХОД В ПЕЧАТЬ – ДВЕНАДЦАТЬ РАЗ В ГОД

ОСНОВАТЕЛЬ

Луганский государственный университет  
имени Владимира Даля

Журнал зарегистрирован в Министерстве  
информации, печати и массовых коммуникаций  
Свидетельство о государственной регистрации  
Издателя, изготовителя и распространителя  
средства массовой информации

МИ-СРГ ИД 000003 от 20 ноября 2015г.

# VESTNIK

LUGANSK VLADIMIR DAHL  
STATE UNIVERSITY

№ 2 2016

THE SCIENTIFIC JOURNAL  
WAS FOUNDED IN 2015  
IT IS ISSUED TWELVE TIMES A YEAR

Founder

Lugansk Vladimir Dahl State University

Journal is registered by the Ministry of Information,  
Publishing and Mass Communications  
State Registration Certificate of Publisher,  
Producer and Distributor of means of mass  
information

MI-SRG ID 000003 of November, 20 2015

В журнале публикуются результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора и кандидата технических, гуманитарных, экономических, общественных, юридических, педагогических, исторических, химических и физико-математических наук.

## Главная редакционная коллегия :

Рябичев В.Д., докт. техн. наук (главный редактор),  
Гутько Ю.И., докт. техн. наук (зам. главн. редактора),  
Витренко В.А., докт. техн. наук (зам. главн. редактора),  
Ver R., dr hab,  
Авершин А.А., канд. техн. наук,  
Андрійчук Н.Д., докт. техн. наук,  
Артеменко В.А., докт.экон. наук,  
Атоян А.И., докт. филос. наук,  
Белых А.С., докт. пед. наук,  
Будиков Л.Я., докт. техн. наук,  
Гедрович А.И., докт. техн. наук,  
Губачева Л.А., докт. техн. наук,  
Дейнека И.Г., докт. техн. наук,  
Дрозд Г.Я., докт. техн. наук,  
Евдокимов Н.А., докт. ист. наук,  
Ерошин С.С., докт. техн. наук,  
Захарчук А.С., докт. техн. наук,  
Зубов А.Р., докт. сельх. наук,  
Зубова Л.Г., докт. техн. наук,  
Исаев В.Д., докт. филос. наук,  
Клименко А.С., докт. филол. наук,  
Коваленко А.А., канд. техн. наук, проф,  
Кожемякин Г.Н., докт. техн. наук,  
Коробецкий Ю.П., докт. техн. наук,  
Корсунов К.А., докт. техн. наук,  
Кривоколыско С.Г., докт. хим. наук,  
Крохмалева Е.Г., канд. пед. наук,  
Куликов Ю.А., докт. техн. наук,  
Лазор В.В., докт. юридич. наук,  
Лазор Л.И., докт. юридич. наук,

Лугуценко Т.В., докт. филос.наук,  
Лустенко А.Ю., докт. филос. наук,  
Ляпин В.П., докт. биол. наук,  
Максимова Т.С., докт. экон. наук,  
Максимов В.В., докт. экон. наук,  
Мечетный Ю.Н., докт. мед. наук,  
Мизина Л.Б., докт. филос. наук,  
Мирошников В.В., докт. техн. наук,  
Мортиков В.В., докт. экон. наук,  
Нечаев Г.И., докт. техн. наук,  
Панайотов К.К., канд. техн. наук,  
Погорелов О.А., докт. техн. наук,  
Родионов А.В., докт. экон. наук,  
Рябичева Л.А., докт. техн. наук,  
Санжаров С.Н., докт. ист. наук,  
Свиридова Н.Д., докт. экон. наук,  
Семина Д.А., докт. техн. наук,  
Скляр П.П., докт. психол. наук,  
Слащев В.А., канд. техн. наук, проф,  
Старченко В.Н., докт. техн. наук,  
Тарарычкин И.А., докт. техн. наук,  
Тисунова В.Н., докт. экон. наук,  
Ульшин В.О., докт. техн. наук,  
Утутов Н.Л., докт. техн. наук,  
Фесенко Ю.П., докт. филол. наук,  
Шамшина И.И., докт. юридич. наук,  
Шелюто В.М., докт. филос. наук,  
Яковенко В.В., докт. техн. наук,

**Ответственный за выпуск: Андрійчук Н.Д.**

Рекомендовано в печать Ученым советом Луганского государственного университета имени Владимира Даля (Протокол № 8 от 29.04.2016 г.)

Материалы номера печатаются на языке оригинала.

© Луганский государственный университет имени Владимира Даля, 2016  
© Lugansk Vladimir Dahl state University, 2016

---

---

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ПРИОРИТЕТЫ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТБО</b> Багмет В.А., Высоцкий С.П. ....	11
<b>ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫЙ ПОРОШОК ИЗ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД КАК МОДИФИКАТОР ВЯЖУЩЕГО АСФАЛЬТОБЕТОНА</b> Дрозд Г.Я., Бизирка И.И. ....	13
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА</b> Андрійчук Н.Д., Богатырёва Л.Ю. ....	17
<b>ЛИТЫЕ АСФАЛЬТОПОЛИМЕРСЕРОБЕТОННЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА ВНУТРИГОРОДСКИХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ</b> Братчун В.И., Беспалов В.Л., Пактер М.К., Доля А.Г. ....	20
<b>ОСАДОК ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД (осв) – ТЕХНОГЕННОЕ СЫРЬЁ ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ</b> Бреус Р.В., Копец Ю.В. ....	23
<b>ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ КОТТЕДЖНОГО ТИПА</b> Будзило Е.Е., Горовая Н.А., Псюк В.В. ....	26
<b>ЗАКРЕПЛЕНИЕ СЛАБЫХ ГРУНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКТИВИРОВАННОГО СИЛИКАТА НАТРИЯ</b> Высоцкий С.П., Писаренко А.В. ....	28
<b>УТОЧНЕНИЕ ОБЩЕГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИИ</b> Гусенцова Я.А., Письменная С.А. ....	31
<b>ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОУСТАНОВОК</b> Демьяненко Т.И. ....	35
<b>ЭКОЦИД В ДОНБАССЕ</b> Дрозд Г.Я., Салуквадзе И.Н., Хвортова М.Ю. ....	39
<b>ПРЕДПРИЯТИЯ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА: РИСКИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b> Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. ....	56
<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ «ВОДОКАНАЛОМ» ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД</b> Дрозд Г.Я. ....	64
<b>ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВОГО МАССИВА, РАСПОЛОЖЕННОГО ВБЛИЗИ ОТКОСОВ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПК «ЛИРА»</b> Емец Е.В. ....	69

---

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АКТИВНО-ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКИ ИСКРОЗАЩИТНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРАНЗИСТОРАХ Иванилов В.Н.....	72
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА ПОДКРАНОВОГО РЕЛЬСА Карапетян С.Х., Псюк В.В. ....	75
МОДЕЛЬ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕНА ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ Коваленко А.А., Андрийчук Н.Д. ....	78
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД Кузьменко А.Н., Высоцкий С.П.....	81
ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОБИОТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНТЕНСИФИЦИРОВАТЬ ПРОЦЕССЫ ОЧИСТКИ СТОЧНОЙ ВОДЫ Маркин В. В.....	84
ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТНОГО СОСТАВА ВОДЫ ПРИ ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ Найманов А.Я., Трякина А.С. ....	87
ДВОЙСТВЕННЫЙ ХАРАКТЕР НАДЕЖНОСТИ КОЛЬЦЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ Найманов А.Я., Турчина Г.С.....	90
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФФУЗИИ ПРИМЕСИ В ПОТОКЕ Насонкина И.К.....	94
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОЧИСТКЕ ГАЗА ОТ ПЫЛИ В ЦИКЛОНАХ Орлов С.М.....	97
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СТАРЕНИЕ ДОРОЖНОГО БИТУМА В СОСТАВЕ АСФАЛЬТОВОГО ВЯЖУЩЕГО Пактер М.К., Стукалов А.А., Бородай Д.И.....	101
КОНТРОЛЬ ГАЗОАЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ Пилавов М.В.....	104
НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА ОАО «АМК» Псюк В.В., Карапетян С.Х., Никишина И.А., Псюк М.Ю.....	108
ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КЛАПАНЫ-УСИЛИТЕЛИ ПРИВОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН Ремень В.И. ....	111

---

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ Ремень В.И. ....	118
ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ СЛОЕВ МНОГОСЛОЙНОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ПРОЦЕСС ТЕПЛООБМЕНА Риблова Е.В. ....	121
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ Салуквадзе И.Н. ....	124
ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ АЛЮМИНИЯ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ Степаненко Т.И. ....	128
ШАХТНЫЕ ВОДЫ И МЕТОДЫ ИХ ОЧИСТКИ Ткаченко В.С., Высоцкий С.П. ....	131
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АВК- 5 В КУРСОВОЙ РАБОТЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА Чабаненко И. В. ....	133
К ВОПРОСУ О РЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИИ И ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Шинкарева Т.А. ....	136
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ Салуквадзе И.Н., Демьяненко Т.И. ....	139
ЭНЕРГОРЕСУРСЫ – СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЧАСТЬ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА Андрийчук Н.Д., Богатырёва Л.Ю. ....	146
ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОМ И ИЗВЕСТНЯКОВОМ МИНЕРАЛЬНОМ ПОРОШКАХ ИЗ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ПОКРЫТИЯ ОТ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОКРЫТИЯ Бизирка И.И. ....	165
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА В ПРОИЗВОДСТВЕ ДОРОЖНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ Бизирка И.И. ....	168
МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ Андрийчук Н.Д., Бабицкий Э.О. ....	172

<b>БЛАГОУСТРОЙСТВО И ОЗЕЛЕНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ</b> Демьяненко Т.И., Мордвина Ю.В. ....	175
<b>НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ – ПУТЬ К МАЛООТХОДНЫМ ОЧИСТНЫМ СООРУЖЕНИЯМ</b> Дрозд Г.Я. ....	177
<b>ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ЖКХ</b> Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. ....	187
<b>АДСОРБЦИЯ И ДЕСОРБЦИЯ БИТУМА НА ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> Дрозд Г.Я., Бизирка И.И. ....	202
<b>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ БИОИНДИКАЦИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ</b> Черных В.И., Тихоненко Е.П. ....	205
<b>АДСОРБЦИЯ БИТУМА С МИНЕРАЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ</b> Дрозд Г.Я., Бизирка И.И. ....	208
<b>ПРИРОДНЫЕ ВОДОЕМЫ ЛУГАНЩИНЫ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ</b> Дрозд Г.Я. ....	211
<b>СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА – АЛЬТЕРНАТИВА ЖИЗНИ</b> Демьяненко Т.И., Тузман А.С. ....	215
<b>ПОВЫШЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ БЕТОННЫХ ТРУБ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ</b> Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. ....	219

---

---

**CONTENTS**

<b>PRIORITIES FOR PROCESSING TECHNOLOGIES SDW</b> Bagmet V.A., Vysotsky S.P.....	11
<b>ORGANO IS MINERAL POWDER FROM SEDIMENT OF SEWAGES AS A MODIFIER OF ASTRINGENT ASPHALT CONCRETE</b> Drozd G. Ya., Bizirka I.I.....	13
<b>PROSPECTS OF COAL-WATER FUEL</b> Andreychuk N.D., Bogatyrev L.Y.....	17
<b>CAST MIX ASFALTOPOLIMERSEROBETONNYE FOR PATCHING INTRAURBAN ASPHALT CONCRETE HIGHWAY</b> Bratchun V.I., Pakter M.K., Bepalov V.L., Dolya A.G. ....	20
<b>URBAN SEWAGE SLUDGE (SS) - TECHNOGENIC RAW MATERIALS FOR CEMENT CONCRETE AND MORTAR</b> Breus R.V., Kopets I.V.....	23
<b>INCREASE OF ENERGYEFFICIENCY OF BUILDING OF COTTAGE TYPE</b> Budzilo E., Gorovaya N., Psyuk V. ....	26
<b>FASTENING WEAK SOILS USING ACTIVATED SODIUM SILICATE</b> Vysotsky S.P., Pisarenko A.V. ....	28
<b>CLARIFICATION OF THE GENERAL EQUATION OF HEAT TRANSFER IN THE ROOM</b> Gusentsova Y.A., Pismennaja S.A. ....	31
<b>THE EFFICIENCY OF WIND TURBINES</b> Demyanenko T.I. ....	35
<b>ECOCIDE IS IN DONBASSE</b> G.Ya.Drozd, I.N. Salukvadze, M.Yu.Khvortova .....	39
<b>ENTERPRISES OF PLUMBING - SEWAGE ECONOMY: RISK OF IN PRODUCTIVE ACTIVITY</b> Drozd G.Y., Khvortova of M.Y.....	56
<b>TECHNOLOGICAL CHART AND EQUIPMENT IS FOR UTILIZATION OF PRECIPITATIONS OF FLOW WATERS A « WATER CHANNEL»</b> G.Ya.Drozd .....	64
<b>PREDICTING THE STABILITY OF SOIL MASS, WHICH IS LOCATED NEAR THE SLOPES, USING A PC "LIRA"</b> Yemets E.....	69

---

PROVIDING OF SAFETY OF THE ACTIVELY INDUCTIVE LOADING BY THE DEVICES OF A INTRINSIC SAFETY ON SEMICONDUCTOR TRANSISTORS Ivanilov V.N. ....	72
DEFINITION AMOUNT OF ECCENTRICITY THE CRANE RUNWAY RAIL Karapetyan S.Kh., Psyuk V.V. ....	75
THE UNSTEADY HEAT TRANSFER MODEL OF UNDERGROUND PART OF THE BUILDING Alim A. Kovalenko, Nikolay D. Andriychuk.....	78
DEVELOPMENT OF METHODS MINE WATER TREATMENT Vysotsky S.P., Kuzmenko A.N. ....	81
STUDIES OF ABILITY OF DIFFERENT PROBIOTIC AGENTS TO INCREASE THE INTENSITY OF THE PROCESS OF WASTEWATER TREATMENT Vyacheslav Markin.....	84
JUSTIFICATION OF CALCULATED COMPOSITION OF THE WATER FOR THE SELECTION OF TECHNOLOGICAL SCHEME OF PURIFICATION Aubekir Naimanov, Alyena Tryakina .....	87
AMBIVALENT CHARACTER OF RELIABILITY OF ANNULAR PLUMBING NETWORK Aubekir Naimanov, Galina Turchina .....	90
EXPERIMENTAL RESEARCHES OF DIFFUSION OF ADMIXTURE IN STREAM Inna K. Nasonkina.....	94
ENERGY SAVING TECHNOLOGIES IN GAS CLEANING FROM DUST IN CYCLONES Orlov S.M. ....	97
TECHNOLOGICAL AGING OF ROAD BITUMEN IN THE ASPHALT-BINDING COMPOSITION M. Pakter, A. Stukalov, D. Borodai .....	101
CONTROL OF GAS-AEROSOL EXTRASS OF VENT SYSTEMS Manolis V. Pilavov.....	104
BEARING STRENGTH OF COSTRUCTION THE OXYGEN-CONVERTER SHOP ALCHEVSK IRON & STEEL WORKS, PJSC Psyuk V.V., Karapetyan S.Kh., Nikishina I.A., Psyuk M.U. ....	108

---

THE PNEUMATIC VALVES – AMPLIFIERS OF DRIVES OF MECHANICAL SYSTEMS	
Remen V. ....	111
PNEUMATIC DEVICES OF REGULATION OF TEMPERATURE OF COOLANT OF COOLING SYSTEMS	
Remen V. ....	118
THE MUTUAL INFLUENCE OF THE LAYERS OF A MULTILAYER STRUCTURE TO HEAT EXCHANGE	
Ievgeniia V. Riblova .....	121
ECONOMIC EVALUATION OF TECHNOLOGIES FOR TREATMENT OF NATURAL WATER	
Salukvadze I.N. ....	124
RESIDUAL INFLUENCE OF ALUMINUM IN DRINKING WATER FOR SAFETY OF LEAVING POPULATION	
Stepanenko Tatiana.....	128
THE MINE WATER AND THE METHODS OF PURIFICATION	
Tkachenko V.S., Vysotsky S.P.....	131
SOFTWARE COMPLEX AVK- 5 COURSEWORK AND ECONOMIC PART GRADUATION PROJECTS	
Chabanenko I.V.....	133
TO THE PROBLEM OF RESOURCE AND MANAGEMENT	
Shinkareva T.A.....	136
EFFICIENCY USING ALTERNATIVE ENERGY	
Salukvadze I.N., Demyanenko T.I. ....	139
THE ENERGY COMPONENT OF THE SUSTENANCE OF HUMAN SOCIETY	
Andriychuk N.D., Bogatyreva L.Y.....	146
DEPENDENCE OF PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETE ON ORGANIC-MINERAL AND TO THE LIMESTONE MINERAL POWDERS FROM THE OVERHEAD LAYER OF COVERAGE FROM THE TERMS OF EXPLOITATION OF COVERAGE	
Bizirka I.I. ....	165
TO RECOMMENDATION ON THE USE OF PRECIPITATIONS OF SEWAGES AS ORGANIC-MINERAL POWDER IN THE PRODUCTION OF TRAVELLING ASPHALT CONCRE MIXTURES	
Bizirka I.I. ....	168
METHODS OF WATER PURIFICATION	
Andriychuk N.D. Babitsky E. O.....	172

---

LAND IMPROVEMENT Demyanenko Tatiana I., Mordvina Y.....	175
NEW TECHNOLOGIES OF RECYCLING OF DEPOSITS – THE PATH TO THE LOW-WASTESEWAGE TREATMENT PLANTS Drozd G.Y. ....	177
INCREASE OF OPERATING RELIABILITY AND LONGEVITY OF PIPELINES OF THE SYSTEMS OF HOUSING AND COMMUNAL ECONOMY Drozd G.Y., Khvortova M.Y. ....	187
ADSORPTION AND DESORPTION OF BITUMEN ON THE SURFACE OF THE MINERAL MATERIALS Drozd G. Ya., Bizirka I.I.....	202
USE OF THE BIOINDICATION METHODS TO CONTROL POLLUTION OF WATER BODIES Chernykh V.I., Tihonenko E.P.....	205
ADSORPTION OF BITUMEN WITH MINERAL MATERIALS Drozd G. Ya., Bizirka I.I.....	208
NATURAL PONDS LUGANSK REGION IN TERMS OF HUMAN IMPACT Drozd G.Y. ....	211
SOLAR ENERGY, ALTERNATIVE LIFE Demyanenko Tatiana I., Tuzman A.S. ....	215
INCREASED BIOLOGICAL RESISTANCE OF SEWER PIPES OF CONCRETE PHYSICO-CHEMICAL METHOD Drozd G.Y., Hvortova M.Y.....	219

УДК 658.567

## ПРИОРИТЕТЫ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТБО

Багмет В.А., Высоцкий С.П.

## PRIORITIES FOR PROCESSING TECHNOLOGIES SDW

Bagmet V.A., Vysotsky S.P.

*Рассматриваются некоторые технологии переработки и утилизации бытовых отходов и анализ их энергетической эффективности. Освещены определённые вопросы перспективного использования термических способов утилизации твёрдых бытовых отходов.*

**Ключевые слова:** переработка твердых бытовых отходов, сжигание ТБО, треугольник Таннера.

**Постановка проблемы.** Переработка твердых бытовых отходов сегодня является одной из проблем экологии. **Потребление человечеством продуктов с каждым годом только повышается, что** сопровождается количеством производимых отходов. Как показывает экологический мониторинг последних лет, уровень загрязнённости городов Донецкой области резко увеличился.

**Анализ исследований и публикации.** Дан краткий анализ обращения с ТБО в Донецком регионе. Каждый день в Донецком регионе образуется огромное количество отходов ТБО. Эту проблему решают компании по вывозу отходов и ЖКХ. Неоднородный состав ТБО, эколого-экономические критерии и принципы ресурсо- и энергосбережения определяют целесообразность комплексного управления муниципальными отходами.

**Цель исследования.** Улучшение экологической ситуации на Донбассе с помощью минимизации ТБО.

**Основные результаты исследования.** Исследование методик утилизации ТБО и повторное использование полученного сырья.

Рассмотрим три этапа управление отходами.

Первый этап: сокращение отходов. Принцип прост — чем меньше отходов создается, тем меньше нагрузка на управление

твердыми бытовыми отходами. При сокращении упаковок продуктов, токсичных и опасных веществ, выбрасываем меньше, а значит, оказываем положительное влияние на поток отходов. Разработать индивидуальный план по сокращению отходов для владельцев бизнеса могут местное агентство по охране окружающей среды или муниципальная компания по вывозу мусора.

Второй этап: использование отходов в качестве вторсырья. Мусорные отходы могут быть повторно использованы разнообразными способами. Некоторые товары, которые вам уже не нужны, можно продать в интернете или на рынке, подарить соседям, пожертвовать на благотворительность. Продукты питания и садовые отходы можно компостировать. Стеклоянная тара может быть очищена и использована повторно. Строительные и промышленные отходы могут быть переработаны в другие полезные материалы. То, что может быть отходами в одном месте, становится производственным ресурсом в другом.

Третий этап: переработка. Переработка отходов преобразует использованные продукты и материалы, тем самым снижая нагрузку на природные ресурсы, которые расходуются традиционными свалками. Переработка помогает сократить количество материалов, направляемых на свалку, и тем самым сокращает выброс парниковых газов. Хороший и надежный план управления отходами использует всеохватывающие программы утилизации, которые максимально сокращают нагрузку на клиентов программы. Многофункциональная переработка мусора в один поток позволяет собрать вторсырье в отдельном бункере, избегая головной боли с

ручной сортировкой. И хотя переработка может потребовать особого обращения и дополнительных средств, например, для утилизации опасных отходов, как правило, она окупается.

Четвертый этап: сжигание ТБО. Все отходы органического происхождения можно использовать как вид топлива с присущей ему теплотворной способностью. К настоящему времени накоплен определенный опыт для оценки горючести ТБО. Нижний предел теплоты сгорания, при котором их можно сжигать без дополнительного топлива, составляет  $Q_{H-min} = 3,35 \text{ МДж/кг}$  до  $Q_{H-min} = 4,19 \text{ МДж/кг}$ . Шведский ученый Таннер установил, что без дополнительного топлива органические вещества могут гореть при содержании влаги (W) не более 50%, золы (A) не более 60% и горючих веществ (C) не менее 25%.

На рис. 1 приведен так называемый треугольник Таннера, иллюстрирующий область горения органического вещества без дополнительного топлива. По Таннеру, нижний предел теплоты сгорания высокосольного и влажного органического вещества, при котором возможно его сжигание без применения дополнительного топлива, соответствует условию:  $W=50\%$ ,  $A=25\%$ ,  $C=25\%$ , т.е. главное, чтобы содержание углерода превышало 25%.

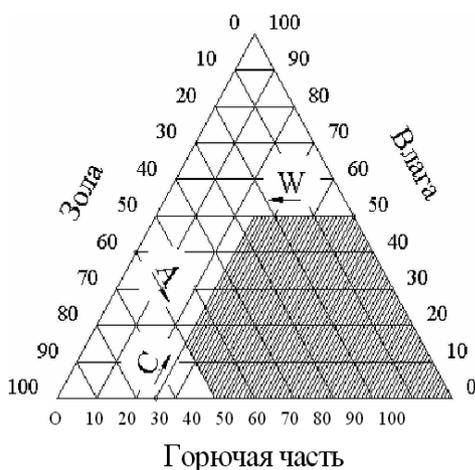


Рис. 1. Треугольник Таннера

Основываясь на этой зависимости можно сделать вывод, что большинство отходов органических веществ необходимо рассматривать в первую очередь как сырье для получения энергии. Это относится к отходам углеобогащения, переработки древесины,

резино-техническим изделиям, сельскохозяйственным отходам, пластмассам, бытовым отходам, биоилу городских очистных сооружений, и т.д.

Решение проблемы утилизации ТБО предприятий и населенных пунктов позволит превратить отходы в сырье, позволяющее создать энергохимическое производство, обеспечивающее глубокую переработку и производство продукции: электроэнергии; тепловой энергии (горючих газов); газов восстановителей (редких газов, газов для органического синтеза); моторное топливо (бензин, метанол, дизтопливо, диметилловый эфир); смолы и масла; растворители; электродный графит; заменитель металлургического кокса; технический углерод; графит, металлографитные изделия и пластмассы; карбиды, абразивные материалы и изделия из них; минеральные удобрения; сорбенты и фильтраты; металлы редкоземельные (Al, Li, Ba, Ge, Co, Va, Cr и т.п.); технические и питьевые воды; строительные материалы и т.д.

Такой подход позволит не только минимизировать затраты на утилизацию ТБО и вредных веществ, но и значительно улучшит экономическое положение региона, оздоровит экологическую обстановку и создаст новые рабочие места.

Четвертый этап: формирование культуры обращения с отходами у населения. Качественным решением также становится изложение обращения с отходами: бытовыми, коммерческими и промышленными. Организация бизнеса по вывозу мусора влечет за собой сознательное применение экологически безопасных методов. Местные, региональные и национальные услуги вывоза мусора становятся отличным ресурсом для предприятий, отраслевых ниш и городских жилых зон, когда возникает необходимость в контроле и своевременной утилизации ТБО.

**Вывод.** Таким образом, предложенные этапы переработки ТБО, позволяют создать энергохимическое производство с утилизацией ценных компонентов.

Рассмотрев некоторые способы утилизации ТБО, мы с уверенностью можем сказать, что варианты решений есть всегда. Главное в нашей ситуации, осознавать насколько глобальна эта проблема. Только общими усилиями мы сможем достичь

положительных результатов в борьбе с твердыми бытовыми отходами.

#### Л и т е р а т у р а

1. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П.: Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. — М.: Химия, 1990. — 304 с.

2. Статья: «Управление твердыми бытовыми отходами» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://meclean.ru/upravlenie-tverdymi-bytovymi-othodami>

3. Статья: «Конвертирование отходов органических веществ в товарные продукты» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.lgh.com.ua/files/converting.pdf>

#### **Багмет В.А., Висоцкий С.П. Пріоритети технологій переробки ТПВ**

*Розглядаються деякі технології переробки і утилізації побутових відходів та аналіз їх енергетичної ефективності. Висвітлено певні питання перспективного використання термічних способів утилізації твердих побутових відходів.*

**Ключові слова:** переробка твердих побутових відходів, спалювання ТПВ, трикутник Таннера.

#### **Bagmet V.A., Vysotsky S.P. Priorities for processing technologies SDW**

*We consider some of the technology of processing and recycling of household waste and the analysis of their energy efficiency. When covering certain questions prospective use thermal methods of disposal of solid waste.*

**Keywords:** processing of municipal solid waste, MSW incineration, Tanner triangle.

**Высоцкий Сергей Павлович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экология и БЖД» Автомобильно-дорожного института ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет».

**Багмет Валерия Александровна**, бакалавр, студентка группы ЭООС-12 Автомобильно-дорожного института ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет».

УДК 628.47+625.855.3

## **ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫЙ ПОРОШОК ИЗ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД КАК МОДИФИКАТОР ВЯЖУЩЕГО АСФАЛЬТОБЕТОНА**

**Дрозд Г.Я., Бизирка И.И.**

### **ORGANO IS MINERAL POWDER FROM SEDIMENT OF SEWAGES AS A MODIFIER OF ASTRINGENT ASPHALT CONCRETE**

**Drozd G. Ya., Bizirka I.I.**

*Приведены экспериментальные результаты по получению композитных вяжущих материалов на основе нефтяного битума и отходов очистки сточных вод – депонированных осадков сточных вод (ОСВ). Исследованы основные физико-механические свойства битума и асфальтобетонов, модифицированных добавками осадков сточных вод и их составляющих.*

**Ключевые слова:** осадки сточных вод, утилизация, асфальтобетон.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Для кардинального решения проблем экологии и снижения ресурсоемкости производства необходимо

обеспечить кругооборот сырья, утилизировать вторичные ресурсы. Это обусловлено, прежде всего, огромными объемами накопленных (депонированных) отходов ОСВ (в Луганской области свыше 200 тыс.т, в Украине около 500 млн т [2]).

Такие отходы, будучи крупнотоннажными, характеризуются относительной однородностью химического и физического состава и одинаковым происхождением. Крупнотоннажным потребителем отходов может служить дорожно-строительная отрасль. Битум и минеральный порошок – основные структурообразующие компоненты

асфальтобетона - определяют его свойства и являются достаточно дефицитными материалами. Все дорожные покрытия подвергаются воздействию климатических и эксплуатационных факторов. В результате износа покрытий появляются выбоины, трещины, выкрашивания, колейность и т.п. На ремонт и содержание дорог в стране расходуется более 60% всех потребляемых органических вяжущих и минеральных материалов. Поэтому задачей материаловедения является ресурсосбережение как основной источник материального обеспечения дорожного строительства.

Такие органоминеральные смеси, достаточно сложные по составу, с успехом могут применяться в составах экологически чистых дорожных покрытий, характеризующихся повышенной стойкостью и долговечностью [3].

**Анализ последних достижений и публикаций.** Наиболее полно вопрос утилизации ОСВ в асфальтобетон освещен в работе [1]. В ней показана возможность использования этого органо-минерального отхода в качестве компонента асфальтобетона. При замене минерального порошка на органо-минеральный порошок получается асфальтобетон с высокими физико-механическими свойствами. Остается открытым вопрос, за счет чего ОСВ, являющиеся органо-минеральным веществом, конкурируют с чистым минеральным порошком? Ведь нарушаются материаловедческие каноны, предписывающие тщательную очистку минеральных составляющих от органических включений.

**Цель работы.** Изучить состав ОСВ и влияние его компонентов на свойства асфальтового вяжущего и асфальтобетон.

### Материалы и методики исследований.

Использовали: а) депонированный в течение 10 лет ОСВ Октябрьских очистных сооружений г. Луганска (соотношение: минеральная часть – 79%; органическая – 21%) высушенный при температуре 105<sup>0</sup>С и измельченный до фракции минерального порошка; б) золу после сжигания ОСВ; в) минеральный порошок по ГОСТ Р52129-2003; г) имитатор органического загрязнения – высушенный и измельченный яичный белок; д) органическое вяжущее – битум дорожный БНД 60/90.

Исследовали: свойства асфальтового вяжущего на основе битума с добавками: минерального порошка, органо-минерального порошка (ОСВ), золы от сжигания ОСВ и белкового компонента. Количество добавки каждого компонента к битуму составляло 5, 10, 20, 40, 50%. Изучали пенетрацию по ГОСТ 11501; температуру размягчения по кольцу и шару (ГОСТ 11506), растяжимость (дуктильность) по ГОСТ 11505, сцепление битума и асфальтового вяжущего со стеклом (ДСТУ Б.В.2.7.-81-98).

**Результаты и их обсуждение.** Все осадки сточных вод являются органо-минеральным комплексом. В зависимости от времени хранения количество минеральной части может достигать 80%.

Минеральная составляющая осадков сравнительно хорошо изучена [2, 4].

Органическая часть осадка изучена очень слабо ввиду большого разнообразия органических составляющих и по современным представлениям состоит из белково-, жиро-, углеводородных веществ в сумме 80-85% и лигнино-гумусового комплекса соединений – 15-20% [5]. Оценим влияние каждого из компонентов осадка на температуру размягчения в сравнении с битумом и минеральным порошком (табл. 1, рис. 1).

Т а б л и ц а 1

**Физико-механические свойства битумного вяжущего, модифицированного различными добавками**

Вид добавки	Температура размягчения, <sup>0</sup> С по кольцу и шару следующих составов:					
	Исходный битум БНД 60/90	Битум + 5%	Битум + 10%	Битум + 20%	Битум + 40%	Битум + 50%
Минеральный порошок	47,5	47,5	48	48	54	58
Органо-минеральный порошок (ОСВ)	47,5	48	49	50,5	55	59,5
Зола ОСВ	47,5	48	48	51	54	60
Белок	47,5	49,5	50	52	55	61



Рис. 1. Определение температуры размягчения (кольцо и шар)

В табл. 2 и 3, рис. 2 приведены данные по растяжимости (диктулометрии) и пенетрациимодифицированных добавками асфальтовых вяжущих.

Исследование модифицированного асфальтового вяжущего с добавками ОСВ, а также его минеральной и органической составляющей в пределах от 5 до 50% по массе показали, что во всех случаях введение этих добавок независимо от качественного состава уменьшает пенетрацию и растяжимость при 25<sup>0</sup>С и заметно повышает

температуру размягчения вяжущего (табл. 2-4). Органическая составляющая ОСВ не ухудшает качество асфальтового вяжущего, вероятно, из сродства к органическому вяжущему – битуму.



Рис. 2. Определение растяжимости

В табл. 4 и рис. 3 приведены данные исследований по сцеплению асфальтового вяжущего со стеклом.

Т а б л и ц а 2

**Растяжимость (см) битума и битума, модифицированного добавками при 25<sup>0</sup>С**

Вид добавки	Исходный битум БНД 60/90	Битум + 5%	Битум + 10%	Битум + 20%	Битум + 40%	Битум + 50%
Минеральный порошок	94	40	37	27,5	22,5	14,5
Органо-минеральный порошок (ОСВ)	94	44	40	27	22	14
Зола ОСВ	94	26	22	19,5	11	6
Белок	94	26	13	5	3	2

Т а б л и ц а 3

**Глубина проникновения иглы при пенетрации, \*0,1мм при 25<sup>0</sup>С**

Вид добавки	Исходный битум БНД 60/90	Битум + 5%	Битум + 10%	Битум + 20%	Битум + 40%	Битум + 50%
Минеральный порошок	59	55	51	47,5	40	31
Органо-минеральный порошок (ОСВ)	59	56	53	47,5	38	30
Зола ОСВ	59	51	50	45	34	28
Белок	59	56	53	46	37	29

Таблица 4

## Сцепление асфальтового вяжущего со стеклом

№п/п	Состав асфальтового вяжущего	Ср. значение сцепления вяжущего со стеклом, % (по ДСТУ Б.В.2.7-81-98)
1	Битум БНД 60/90 (100%)	90,17
2	Битум (80%)+ОСВ (20%)	91,57
3	Битум (50%)+ОСВ (50%)	92,28
4	Битум (80%)+мин. пор. (20%)	97,18
5	Битум (50%)+мин. пор. (50%)	92,67

Таблица 5

## Физико-механические свойства асфальтобетона с различным видом добавок

№ п/п	Состав асфальтобетона (плотный, тип Б)	Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	Водонасыщенность, %	Набухание, %	Предел прочности, МПа, при температуре		Коэффициент водостойкости
					20 <sup>0</sup> С	50 <sup>0</sup> С	
1	Щебень -35%;отсев дробления щебня – 59%;минеральный порошок – 6%	2,29	1,71	0,8	6,6	,2	0,85
2	Щебень –35%; отсев дробления щебня - 59%; ОСВ – 6%	2,28	2,93	0,13	5,6	2,9	0,91
	Требования ДСТУ Б В.2.7 -119-2003		1,5-3,5	Не более 0,85	2,4	1,2	Не менее 0,85

Данные таблицы свидетельствуют о том, что наличие в составе битума порошкового компонента увеличивает степень адгезии асфальтового вяжущего к стеклу, а ОСВ является конкурентом минерального порошка по этому показателю.

На основе битума БНД 60/90 с добавками минерального порошка и ОСВ с содержанием добавок по 6% масс.были изготовлены и испытаны образцы асфальтобетона (табл.5).

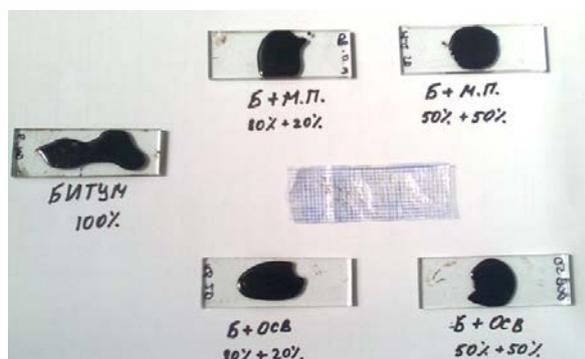


Рис. 3. Определение сцепления со стеклом

Как следует из табл. 5, образцы с добавкой 6% ОСВ вместо традиционного минерального порошка имеют лучшие в сравнении с контрольным составом (с минеральным порошком) прочность при 50<sup>0</sup>С,

меньшее набухание и более высокий коэффициент водостойкости.

## Выводы

1. Осадки сточных вод можно рассматривать как сырьевой ресурс и заменитель традиционного минерального порошка в дорожно-строительной отрасли.

2. Органо-минеральный порошок на основе ОСВ можно рассматривать как модификатор асфальтобетона, повышающий долговечность дорожного полотна в условиях повышенных летних температур.

3. В структурообразовании такого строительного материала, как асфальтобетон, эффективную роль, вероятно, играет наряду с минеральной и органическая составляющая органо-минеральной добавки ОСВ.

## Литература

1. Бреус Р.В. Зниження об'ємів накопичених відходів водоочищення – осадів стічних вод, шляхом їх утилізації в асфальтобетон: Автореф. дис. к.т.н., Харків: УНДІЕП, 2007. – 21с.

2. Дрозд Г.Я. Предложения по вовлечению депонированных осадков сточных вод в хозяйственный оборот: Материалы Международного конгресса "ЭТЭВК - 2009", - Ялта, 2009. – с. 230-242.

3. Дрозд Г.Я., Бреус Р.В. Утилизация осадков сточных вод в дорожном строительстве //Вісник автомобільно-дорожнього інституту. - №1 (8). - 2009. – Горлівка: ДНТУ. – с. 186-193.

4. Симонов А.Д., Языков Н.А., Трачук А.В., Яковлев В.А. Сжигание осадков сточных вод коммунального хозяйства в псевдооживленном слое катализатора //Альтернативная энергетика и экология. - №6 (86). - 2010. – с. 61-66.

5. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – Москва: АСВ, 2004. – 704с.

**Дрозд Г.Я., Бізирка І.І. Органо-мінеральний порошок з осаду стічних вод як модифікатор в'язучого асфальтобетону.**

*Наведено експериментальні результати з одержання композитних в'язучих матеріалів на основі нафтового бітуму і відходів очищення стічних вод – депонованих осадів стічних вод (ОСВ). Досліджено основні фізико-механічні властивості бітуму і асфальтобетону, модифікованих добавками осадів стічних вод і їх складових.*

**Ключові слова:** осад стічних вод, утилізація, асфальтобетон.

**Drozd G. Ya., Bizirka I.I. Organo is mineral powder from sediment of sewages as a modifier of astringent asphalt concrete.**

*Experimental results are resulted on the receipt of composite tart materials on the basis of oil bitumen and wastes of cleaning of flow waters – stale precipitations of flow waters (OSV). Basic phisico-mechanical properties of bitumen and asphalt concrete, precipitations of flow waters and their constituents modified additions are probed.*

**Keywords:** sediment of flow waters, utilization, asphalt concrete.

**Дрозд Геннадий Яковлевич**, ассистент кафедры городского и промышленного строительства.

**Бизирка Ирина Ивановна**, доктор технических наук, профессор кафедры общеобразовательных дисциплин.

УДК 621.1

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

**Андрійчук Н.Д., Богатырёва Л.Ю.**

## PROSPECTS OF COAL-WATER FUEL

**Andreychuk N.D., Bogatyrev L.Y.**

*Приведена история возникновения водоугольного топлива. Описаны технологические схемы приготовления и сжигания водоугольного топлива. Проанализированы перспективы применения ВУТ в Луганске.*

**Ключевые слова:** водоугольное топливо, технологические схемы, приготовление, применение.

**Цель работы:** анализ целесообразности и перспективности применения водоугольного топлива в Луганске.

Водоугольное топливо (ВУТ) представляет собой дисперсную смесь, состоящую из тонкоизмельченного угля, воды и реагента-пластификатора. Применение ВУТ позволяет увеличить эффективность сжигания угля, утилизировать угольные шламы, уменьшить взрывоопасность тонкодисперсной

угольной пыли на энергетических котлах, снизить количество выбросов в атмосферу оксидов азота и оксидов серы [1, 3, 4].

Водоугольное топливо применяется в качестве замены газа или мазута на котельных и тепловых агрегатов ТЭС. ВУТ используется в качестве экологически чистого и недорогого источника тепловой энергии.

История исследований и внедрения водоугольного топлива достаточно не стабильна. В СССР исследования начались с 1959 года, а в начале 70-х начались разработки ВУТ в Японии, США, Италии и Китае. Волна разработок стихла в 80-х после стабилизации цен на нефть. Разработки возобновились в начале 90-х. В СССР был построен углепровод Белово-Новосибирск протяженностью 262 км,

но уже в 1993 году проект был заморожен. В России только с 2004 года возобновились работы в связи с возможностью замены мазута на ВУТ. Сдерживающим фактором внедрения ВУТ в России является низкая стоимость основного энергоносителя – газа. В Украине несмотря на высокую стоимость газа, высокое потребление энергоносителей промышленными производствами, использование водоугольного топлива не нашло себе места в энергетике в связи с тем, что переориентирование предприятий на другой энергоноситель требует крупных первоначальных капиталовложений.

В Китае энергетика ориентирована на угольное топливо. Государственной программой правительства Китая предусмотрен поэтапный перевод предприятий с нефтегазового на водоугольное топливо. Сегодня сферой ВУТ в Китае занимаются три научно-исследовательских центра, шесть заводов по производству ВУТ, на котельных и электростанциях, сжигающих ВУТ, производится до 2 млн кВт энергии. Для технического руководства по внедрению водоугольного топлива в стране создан Государственный центр водоугольных суспензий угольной промышленности. Потребителями стали ТЭЦ, ранее работавшие на мазуте. Используются водоугольные суспензии также предприятиями химической, металлургической, целлюлозно-бумажной и других отраслей.

Исследования PennState University подтвердили экологическую эффективность ВУТ, отметив снижение выбросов оксидов серы и азота, причём содержание оксида азота уменьшилось не только благодаря меньшей температуре горения, но и на 25,6% в результате восстановительного характера реакций, возникающих в процессе сжигания ВУТ [4].

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ И СЖИГАНИЯ ВОДУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Приготовление ВУТ состоит из трёх основных этапов:

#### 1. Предварительное дробление

Дробление осуществляется на стандартных дробилках. Выбор дробилок осуществляется в зависимости от типа угля и его характеристик. Если в качестве сырья используется угольный

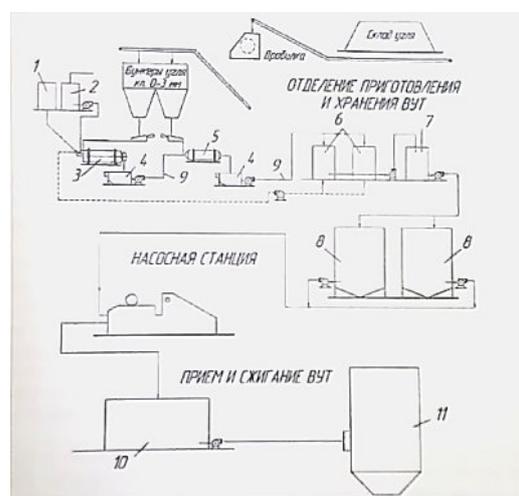
шлам, то данная стадия исключается из общей линии приготовления ВУТ.

#### 2. Мокрый помол

Для осуществления помола до фракции в 40-60 мкм используется вода в оборудовании мокрого помола. Специальным оборудованием мокрого помола являются вибромельницы различных модификаций, в котором помол угля мелющими телами в присутствии воды.

#### 3. Гомогенизация

На данном этапе в состав ВУТ вводят пластификаторы, стабилизаторы и т.д. Данный этап необходим для увеличения статической стабильности ВУТ, снижения вязкости.



1 – резервуар технической воды; 2 – резервуар раствора реагента; 3 – мельница шаровая; 4 – зумпфы ВУТ; 5 – мельница стержневая; 6 – резервуары ВУТ контрольные; 7 – резервуары ВУТ расходные; 8 – резервуар хранилище ВУТ; 9 – пробоотборники; 10 – приемная ёмкость; 11 – котлоагрегат

Рис. 1. Технологическая схема подготовки и сжигания ВУТ

В соответствии со схемой, изображенной на рисунке 1, для приготовления ВУТ используется двухстадийная схема помола угля (базовый технологический процесс). Для исследования стабильности готового ВУТ при хранении в аккумулирующем бункере устанавливают пробоотборные устройства на различных уровнях. Если полученные параметры удовлетворяют показателям качества ВУТ, то суспензию с помощью бустерных центробежных насосов направляют на готовую насосную станцию. В противном случае суспензию возвращают на переработку в мельницы для получения суспензии микропомла. Затем магистральными насосами перекачивают по трубопроводу на место потребления. В котельной

суспензия поступает в аккумулирующие емкости, затем ВУТ насосами подается в котлоагрегат.

ВУТ требует соответствующих условий для надежного воспламенения и устойчивого эффективного горения в топках котлов. Для распыления водоугольного топлива используют, как правило, пневматические форсунки. Форсунки должны удовлетворять ряд требований: обеспечивать надежный роспыл топлива, создавать заданную форму капельного факела, иметь определенный диапазон возможного варьирования тепла и т.д.

Т а б л и ц а 1

**Сравнительные технико-экономические показатели**

Топливо	Низшая теплота сгорания	Эффективность сжигания	Стоимость 1 Гкал. руб.
Мазут	9,5 Гкал/т	97%	1238
Газ	7,2Гкал/тыс м <sup>3</sup>	99%	463
ВУТ из угля	3,85 Гкал/т	97%	342
ВУТ из шлама	3,85 Гкал/т	97%	232

Согласно технико-экономическим показателям, представленным выше, имеем возможность сравнить и определить, что ВУТ и мазут имеет одинаковую эффективность сжигания, но мазут в разы дороже.

### **ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

На всей территории Луганской области существует 53 шахты и шахтоуправления. Безусловно, некоторые на данный момент не действуют, в связи с военными действиями многие шахты работали только на откачку воды. В данный момент ведутся восстановительные работы.

Не стоит забывать, что до военных действий сотрудниками ГОАО НИПКИ "Углемеханизация" на базе шахты "Должанская-Капитальная" в 2008-2009 гг. были апробированы пилотные проекты. По словам специалиста института Виктора Кулибабы, во время исследования были решены все поставленные задачи и получены необходимые результаты. Срок окупаемости проекта составил всего 1 год. Внедрение новой технологии позволило ежегодно экономить предприятию до 10 млн куб м природного газа.

Около каждой крупной шахты, разреза или угольно-обогащительной фабрики, помимо курганов (холмы пустой породы, извлекаемой на

поверхность вместе с углем), находятся еще и так называемые «хвосты» – громадные хранилища жидких отходов, образуемых при бурении горных пород с водой или промывочным раствором, а также при обогащении сырья. Эти отходы называют шламом. Средних размеров углеобогащительная фабрика или шахта ежедневно выдают 300-600 т шлама, который хранится в многочисленных шламоотстойниках или тех самых «хвостах».

Воды шахтного притока, технологические воды обогащительных фабрик с мелкими угольными частицами сбрасываются в поверхностные отстойники, которые периодически чистятся механо-гидравлическим способом; повторно добытые угольные шламы либо сбрасываются в отработанные выработки шахт, либо в ближайшие овраги и водоемы. В отдельных случаях отходы флотации обезвоживают и складировуют на свободных площадях.

Производство ВУТ из шламов немного дешевле, чем из угля, но при этом низшая теплота сгорания и эффективность сжигания ВУТ одинакова. Перевод шламов в транспортабельное и технологически удобное суспензионное водоугольное топливо обеспечит существенный экономический эффект и резко улучшит экологическую обстановку в Луганской области.

Переработка шламов в ВУТ обеспечит решение и некоторых других проблем отраслей угледобычи и ЖКХ. Рекультивация земель, занятых отвалами и отстойниками, улучшит экологическую обстановку на угольных шахтах и разрезах.

### **Л и т е р а т у р а**

1. Sunggyu Lee, James G. Speight, Sudarshan K. Loyalka. Handbook of alternative fuel technologies //CKC Press, New York. 2007
2. NEDO and IEA-eLM International Cooperation Committee, CWM in Japan. (1997).
3. Noboru Hashimoto. CWM: Its Past, Present and Future // International Journal of Coal Preparation and Utilization,21:1,3 — 22. London, 1999
4. Coal-Water Slurry Fuel Combustion. <http://www.energy.psu.edu/sp/cwscfcomb.html>
5. Андрийчук Н.Д. Гидравлические системы для ВУТ: моделирование, оптимизация/ Н.Д. Андрийчук, М.В. Пилавов, А.А. Коваленко. – Луганск: изд-во ВНУ им. В.Далы, 2013.-239 с.
6. Андрийчук Н.Д. Сжимаемость водоугольных суспензий для гидротранспортных систем/ Андрийчук Н.Д., Пилавова М.В., Гусенцова Я.А.// «НОВИНИ НА НАУЧНИИ ПРОГРЕСС-2012», Том 8, 2012, София: «БялГРАД-БГ» ООД, с. 3-7.

7. Пилавов М.В. Сложные гидравлические системы: моделирование, оптимизация/ М.В. Пилавов, А.А. Коваленко, Г.С. Калюжный. – Луганск: из-во ВНУ им. В. Даля, 2011. - 112 с.

8. Коваленко А.А. Модели динамической вязкости неньтоновских жидкостей/ А.А. Коваленко, А.М. Шворникова, М.В. Пилавов// Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2011. - № 5(159) ч. 2. – с. 155-159.

#### Андрійчук Н.Д., Богатирьова Л.Ю. Перспективи застосування водовугільного палива

*Наведена історія виникнення водовугільного палива. Описані технологічні схеми приготування та спалювання водовугільного палива. Проаналізовано перспективи застосування водовугільного палива у Луганську.*

**Мета роботи:** аналіз доцільності та перспективності застосування водовугільного палива у Луганську.

**Ключові слова:** водовугільне паливо, технологічні схеми, приготування, застосування.

**Andreychuk N.D., Bogatyrev L.Y. Prospects of coal-water fuel**

*Given the history of coal-water fuel. The technological scheme of preparation and combustion of coal-water fuel. Analyzed the application prospects of coal-water fuel in Lugansk.*

**Objective:** To analyze the feasibility and prospects of use of coal-water fuel in Lugansk.

**Key words:** coal-water fuel, technological scheme, preparation, prospects.

**Андрійчук Николай Данилович**, доктор технических наук, профессор кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения, института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Луганского государственного университета имени Владимира Даля.

**Богатырёва Любовь Юрьевна**, ассистент кафедры Городского и промышленного строительства, института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Луганского государственного университета имени Владимира Даля.

УДК 625.046:539.4

## ЛИТЫЕ АСФАЛЬТОПОЛИМЕРСЕРОБЕТОННЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА ВНУТРИГОРОДСКИХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Братчун В.И., Беспалов В.Л., Пактер М.К., Доля А.Г.

## CAST MIX ASFALTOPOLIMERSEROBETONNYE FOR PATCHING INTRAURBAN ASPHALT CONCRETE HIGHWAY

Bratchun V.I., Pakter M.K., Bespalov V.L., Dolya A.G.

*Оптимизирован состав литой асфальто-полимерсеробетонной смеси, включающей механоактивированный 0,5% СКМС-30 минеральный порошок 12,6-20% и битумополимерсерное вяжущее 6,7-10,5% (битум нефтяной дорожный модифицирован 2% бутадиенметилстирольным каучуком СКМС-30 и 30% технической серой), обеспечивающий: подвижность смеси при 170°C – ОК > 30 мм; погружение штампа при 40°C  $h < 4$  мм; для асфальтополимерсеробетона: предел прочности на изгиб при растяжении 0°C  $R_{изг} > 5,6$  МПа; коэффициент водостойкости после длительного водонасыщения –  $K_{вд} > 0,96$ , коэффициент морозостойкости после 100 циклов попеременного замораживания–оттаивания –  $F = 0,72$ ,*

*коэффициент теплового старения после 1200 часов –  $K_{ст} = 1,27$ .*

**Ключевые слова:** литые асфальто-полимерсеробетонные смеси, дефекты покрытий нежестких дорожных одежд автомобильных дорог, ямочный ремонт.

В связи с ростом интенсивности и грузонапряженности движения транспортных средств особенно важную роль приобретает своевременность и качество работ по текущему и капитальному ремонту покрытий внутригородских асфальтобетонных дорог [2, 5]. Это обусловлено тем, что, как отмечается в

работе [3], большинство автомобильных дорог в странах СНГ были рассчитаны на нагрузки группы Б (60 кН на ось) или группы А (100 кН на ось). В то же время нормативным документом в Украине [1] расчетные автомобильные нагрузки на ось колеса установлены 115 кН и даже 130 кН. Следствием этого является повышение требований, предъявляемых к дорожно-строительным материалам, применяемым для ремонта, и к технологиям ремонтных работ. Дорожно-эксплуатационные службы ежегодно выполняют значительный объем работ по текущему ремонту, прежде всего, покрытий автомобильных дорог, основным видом которого является ликвидация ямочности [4].

В настоящее время расходы, связанные с текущим ремонтом автомобильных дорог (ликвидация выбоин, просадок, наплывов и других пластических деформаций, обновление шероховатости покрытий и заливка трещин на покрытия и др.), составляют 60% от стоимости строительства [3].

Несмотря на то что ямочность на дорогах возникает практически круглогодично (особенно при неблагоприятных погодных условиях: температура ниже 0°C, относительная влажность более 80%), ее устраняют в основном при температурах выше 10°C осенью и выше 5°C весной [2]. Несвоевременность выполнения текущего ремонта вызывает в дальнейшем существенное увеличение объемов ремонтных работ и снижает безопасность движения. Например, вследствие неровностей проезжей части автомобильных дорог и недостаточной фрикционной способности дорожных покрытий в Украине происходит 20% и 17% ДТП соответственно [3]. Таким образом, устранение разрушений в начальной стадии при неблагоприятных погодных условиях позволило бы в три раза уменьшить объем работ по текущему ремонту дорожных покрытий в теплый период года [2].

Одним из эффективных дорожно-строительных материалов для ямочного ремонта являются литые асфальтобетонные смеси.

Недостатками известных горячих литых асфальтобетонных смесей является высокая энергоемкость производства (температура производства 210-240°C), узкий температурный интервал вязкоупругопластического состояния (70-80°C), старение и низкие значения деформационно-прочностных характеристик, в

частности, недостаточная деформативная способность (температура стеклования литого бетона -10...-15°C) и сдвигоустойчивость.

**Целью работы** является разработка составов ресурсо- и энергоэкономичных литых асфальтополимерсеробетонных смесей, обеспечивающих высокую долговечность отремонтированных карт нежестких дорожных одежд.

При проведении ямочного ремонта нежестких дорожных одежд в ремонтируемой карте образуется макросистема, включающая три подсистемы: «ремонтируемое покрытие – контактный слой – новый материал».

Для обеспечения целостности отремонтированного покрытия нежесткой дорожной одежды сформулированы требования к системе «ремонтируемое покрытие – новый материал», а именно:

– высокая долговечность междуслойного сцепления «новый материал – старый материал» может быть обеспечена при условии хорошего смачивания новым материалом кромок и дна ремонтируемой карты, на склеиваемых поверхностях необходимо наличие полярных функциональных групп или групп, способных к хемосорбционному взаимодействию;

– деформационно-прочностные характеристики ремонтируемого материала и ремонтируемого покрытия должны быть близкими по значению, прежде всего, модули упругости, значения относительной деформации;

– когезия контактного слоя не должна превышать значение адгезии в системе «новый материал – ремонтируемое покрытие» более четырех;

– новый материал (ремонтные составы) должен быть более релаксационноспособным в области отрицательных температур и более стабильным в условиях эксплуатации, чем ремонтируемое покрытие.

С использованием метода экспериментально-статистического моделирования оптимизирован состав асфальтополимерсерного вяжущего вещества литой асфальтополимерсеробетонной смеси оптимального состава (массовая концентрация поверхностно-активированного 0,5% СКМС-30 в углеводородных растворителях известнякового минерального порошка 12,6-20,0%, битумополимерсерного вяжущего 6,7-10,5% (битум БНД 40/60 модифицирован

бутадиенметилстирольным каучуком 2-3% в комбинации с 25-30% технической серы), обеспечивающего: подвижность смеси при 170°C, ОК > 30 мм; погружение штампа при 40°C,  $h < 4$  мм; предел прочности на растяжение при изгибе при 0°C,  $R_{изг} > 5,6$  МПа, коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении,  $K_{вд} > 0,96$ . Методом дифференциально-сканирующей калориметрии установлено, что техническая сера при температурах 114-118°C переходит в бирадикалы и диполи, которые обеспечивают структурирование битумополимерного вяжущего в асфальтополимерсеробетоне.

Литые асфальтополимерсеробетоны характеризуются повышенным сопротивлением сдвигу при высоких положительных температурах (условная жесткость по Маршаллу при 60°C 23,1 КН), повышенной плотностью, коэффициентом водостойкости при длительном водонасыщении (90 суток),  $K_{вд}=0,78$ , коэффициентом морозостойкости после 100 циклов попеременного замораживания-оттаивания  $F=0,72$ , коэффициентом теплового старения после 1200 часов при прогреве в климатической камере ИП-1 при температуре 75°C и ультрафиолетовом облучении  $K_{ст}=1,27$ .

При ремонте литой асфальтополимерсеробетонной смесью подготовку ремонтируемого участка ведет в такой последовательности: границы выбоины оконтуривают прямыми линиями, захватывая на 3-5 см неповрежденную часть покрытия; старый асфальтобетон удаляют, например, холодным фрезерованием; выбоину очищают и с помощью нагревателей инфракрасного излучения выбоину разогревают до температуры 170-180°C, раскирковуют разогретые края выбоины на глубину 1-2 см, дно выбоины распушивают, раскиркованую смесь планируют по дну карты и укладывают литую асфальтополимербетонную смесь. Движение по отремонтированному участку открывают после остывания литого асфальтополимерсеробетона в отремонтированной карте до температуры окружающей среды.

Литые асфальтополимерсеробетонные смеси и асфальтополимерсеробетон должны характеризоваться такими показателями качества: водонасыщение не более 1% по объему; остаточная пористость не более 1,5% по объему; глубина погружения штампа для

образцов: из щебенистых смесей 1-4 мм; из песчаных 3-6 мм; предел прочности при сжатии при 50°C,  $R_{50}$  не менее 0,8 МПа; подвижность литой смеси при 170°C не менее 30 мм.

### Л и т е р а т у р а

1. ВБН В.2.3-218-186-2004 Дорожній одяг нежорсткого типу / Київ: Державна служба автомобільних доріг України. "Укравтодор", 2004. – 176 с.
2. Калиниченко Н.М. Текущий ремонт усовершенствованных дорожных покрытий при неблагоприятных погодных условиях / Н.М. Калиниченко, Л.Я. Несвитская. – М. : ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1985. – Вып. 5. – 28 с.
3. Лилеева Л.В. Прогрессивные методы ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / Л.В. Лилеева, В.А. Степин // Киев: Государственный плановый комитет УССР, Украинский научно-исследовательский институт научно-технической информации и технико-экономических исследований. Серия 43, 1986. – Технологія будівництва та ремонту автомобільних доріг. – Машини, механізми, обладнання та інструмент. – 19 с.
4. Прогрессивные технологии капитального ремонта дорожных одежд / [В.В. Мозговой, А.Е. Мерзликин, Л.А. Мозговая и др.] // Дорожная техника : Каталог-справочник. – Санкт-Петербург: ООО «Славутич», 2007. – С. 126-139.
5. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України. П-Г 1-218-113-97 / Українська державна корпорація по будівництву, ремонту та утриманню автомобільних доріг. – Київ: "Укравтодор", 1997. – 184 с.

**Братчун В.І., Беспалов В.Л., Пактер М.К., Доля А.Г. Литі асфальто-полімерсірковбетонні суміші для ямкового ремонту внутрішньоміських асфальтобетонних автомобільних доріг**

*Оптимізовано склад асфальто-полімерсірковбетонної суміші, що містить механоактивованій 0,5% СКМС-30 мінеральний порошок 12,6-20%, бітумополімерсіркове в'язуче 6,7-10,5% (бітум нафтовий дорожній модифікований 2% бутадиєнметилстирольним каучуком СКМС-30 і 40% технічної сірки), що забезпечує: рухливість суміші при 170°C – ОК > 30 мм; занурення штамп при 40°C –  $h < 4$  мм; для асфальтополімерсірковбетону межу міцності на розтяг при вигині при 0°C –  $R_{виг} > 5,6$  МПа, коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні –  $K_{вд} > 0,96$ , коефіцієнт морозостійкості після 100 циклів поперемінного заморожування - відтавання –  $F = 0,72$ , коефіцієнт теплового старіння після 1200 годин –  $K_{ст} = 1,27$ .*

**Ключові слова:** литі асфальто-полімерсіркобетонні суміші, дефекти покриттів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг, ямковий ремонт.

**Bratchun V.I., Pakter M.K., Bepalov V.L., Dolya A.G. Cast mix asfaltopolimerserobetonnye for patching intraurban asphalt concrete highway**

*Compositions of asphalt polymer sulphur concrete mix including a mechanic activation of 0,5% SRMS-30 mineral powder 12,6-20% and bitumen polymer sulphur astringent 6,7-10,5% (the road oil bitumen is modified by 2% butadiene methyl stiroil rubber of SRMS-30 and 40% technical sulphur) have been optimized: mobility of mix at 170°C – OK > 30 mm; stamp immersion at 40°C h < 4 mm; for asphalt polymer sulphur concrete: limit strength on a bend at tension of 0°C  $R_{bend} > 5,6$  MPa; coefficient of water firmness after the protracted water inundating –  $K_{wf} > 0,96$ , coefficient of frost-resistance after 100 variable cycles frost – melt –  $F = 0,72$ , coefficient of age thermal after 1200 hours  $K_{at} = 1,27$  are provided.*

**Key words:** cast asphalt polymersulfur concrete mixtures, defects of coverings of non-rigid road clothes of highways, pot-hole work.

**Братчун Валерий Иванович,** доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

«Автомобильные дороги и аэродромы» Государственное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

**Пактер Михаил Константинович,** кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Государственное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

**Беспалов Виталий Леонидович,** кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Государственное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

**Доля Анатолий Григорьевич,** кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Государственное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

УДК 691.342:628.33.8

## ОСАДОК ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД (осв) – ТЕХНОГЕННОЕ СЫРЬЁ ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ

**Бреус Р.В., Копец Ю.В.**

## URBAN SEWAGE SLUDGE (SS) - TECHNOGENIC RAW MATERIALS FOR CEMENT CONCRETE AND MORTAR

**Breus R.V., Kopets I.V.**

*Рассмотрена возможность вторичного использования осадков сточных вод (ОСВ) в качестве добавки к цементным бетонам и растворам. Изложены результаты исследования химических и физико-механических характеристик ОСВ, приведены их сравнения с иными добавками.*

**Ключевые слова:** цементный бетон, органические добавки, техногенные отходы, осадки сточных вод.

**Актуальность проблемы.** Утилизация многотоннажных отходов в производстве строительных материалов и изделий является

одним из основных и оправдывающих себя в экологическом, в технологическом и экономическом направлениях решений хозяйственных задач. Перспективным направлением широкого использования различных видов отходов является крупнейшая индустрия производства материалов на основе портландцемента.

Одним из отходаобразующих производств является коммунальная отрасль, связанная с очисткой городских сточных вод, где проблема со вторичным использованием

образующихся отходов на сегодняшний день практически остаётся не решённой.

Среди причин ограничения широкого вторичного использования ОСВ в строительстве можно выделить следующее: многокомпонентный состав, различие химического и минерального состава в разных источниках получения, необходимость предварительной подготовки, а также отсутствие заинтересованности в утилизации у его производителей.

**Цель работы** - обоснование выбора пути возможного использования ОСВ как добавки к цементным бетонам и растворам.

**Материал исследований и их обсуждение.** Идея введения в цементные системы дисперсных минеральных наполнителей (микронаполнителей) связана с работами Н.А. Белелюбского,

В.Н. Юнга, В.А. Кинда, В.Ф. Журавлева, П.П. Будникова и многих других. В технологии бетона минеральные наполнители традиционно рассматривались как компоненты, вводимые для предотвращения перерасхода цемента в

низкомарочных бетонах и растворах. В этом направлении накоплен значительный практический опыт применения золошлаковых, карбонатных материалов, кварцевого песка и др. [1-5].

Предметом исследования служили ОСВ, образовавшиеся при биологической очистке городских сточных вод на Октябрьской (ОСВ тип 1) и Вергунской (ОСВ тип 2) станциях биологической очистки г. Луганска.

На рис. 1 представлен внешний естественный вид исследуемого материала. В табл. 1 приведены данные исследования химического состава ОСВ.

Из химического состава видно, что основными компонентами ОСВ независимо от мест отбора являются глинистые и песчаные вещества, гидроксиды алюминия, железа и пр. Как известно, эти компоненты широко используются в качестве минеральных пластифицирующих добавок в составе сложных строительных растворов и бетонов для улучшения их свойств.

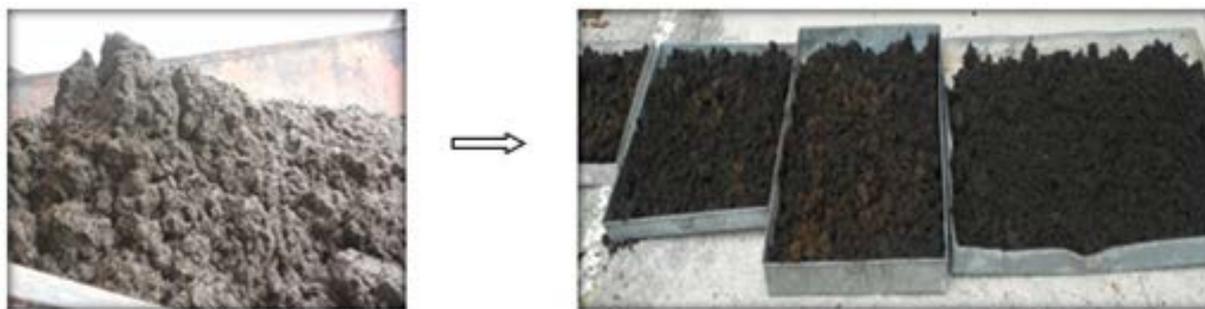


Рис. 1. Внешний вид осадков сточных вод

Т а б л и ц а 1

Химический состав ОСВ, %

Вид осадка	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п.п.п.
ОСВ тип 1	46,4	10,1	9,1	0,4	1,94	6,1	1,8	0,94	0,8	1,6	21,1
ОСВ тип 2	16,7	7,7	7,2	0,15	1,94	11,4	3,9	0,62	0,3	3,59	46,4

Т а б л и ц а 2

**Физико-механические характеристики ОСВ Луганска**

Наименование показателя	Значение
1. Влажность, %	
W	23,15-69,5
W <sub>1</sub>	66,67-97,37
W <sub>p</sub>	51,67-77,3
2. Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	2,19-2,56
3. Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,74-0,91
4. Гранулометрический состав, %	
	>50 мм - 0,15-0,5
	50-0,1 мм - 2,45-46,15
	0,1-0,05 мм - 0,21-41,44
	0,05-0,01 - 15,81-55,6
	0,01-0,00 мм - 4,42-25,08
5. рН водной вытяжки, ед	6,98-7,55

Согласно существующим методикам были определены физико-механические параметры ОСВ (табл. 2).

Представленные данные позволяют предположить возможность взаимодействия между компонентами ОСВ и цемента с увеличением степени гидратации последнего и возможного роста прочности. Высокая дисперсность ОСВ должна привести к увеличению водоудерживающей способности и пластичности смесей.

**Выводы**

1. На основе анализа литературных данных и изучения свойств исследуемого материала – ОСВ, а также возможного действия их составляющих на цемент-содержащие материалы выдвинута гипотеза о возможной полифункциональности влияния ОСВ, вводимых в качестве добавок в цементные растворы и бетоны.

2. Применение техногенного сырья – ОСВ позволит получить экономический эффект в сфере строительной индустрии и расширить сферу решения экологической проблемы.

**Л и т е р а т у р а**

1. Белелюбский Н.А. Гидравлические вещества как добавки к извести и цементу // Строительная промышленность. - 1924. - № 5. - С.15-17.  
 2. Ласкорин Б.Н., Громов Б.В., Цыганков А.П., Сенин В.Н. Проблемы развития безотходных производств. - М.: Стройиздат, 1981. - 207с.  
 3. Юнг В.Н., Бутт Ю.М., Журавлев В.Ф., Огороков С.Н. Технология вяжущих веществ. - М.: Госстройиздат, 1952. - 248с.  
 4. Суханов М.А., Ефимов С.Н., Долгополов Н.Н., Жуков Н.Ю. Новые пути

использования отходов металлургической промышленности в технологии вяжущих // Строительные материалы, 1991. -№ 7. - С.22-23

5. Pertanika J. Sci. & Technol. 23 (2): 193 - 205 (2015) «Incinerated Domestic Waste Sludge Powder as Sustainable Replacement Material for Concrete»

**Бреус Р.В., Копец Ю.В. Осад міських стічних вод (ОСВ) – техногенна сировина для цементних бетонів і розчинів.**

*Розглянуто можливість вторинного використання осадів стічних вод (ОСВ) в якості добавки до цементних бетонів і розчинів. Викладено результати дослідження хімічних і фізико-механічних характеристик ОСВ, наведено їх порівняння з іншими добавками.*

**Ключові слова:** цементний бетон, органо-мінеральні добавки, техногенні відходи, осади стічних вод.

**Breus R.V., Kopets I.V. Urban sewage sludge (SS) - technogenic raw materials for cement concrete and mortar.**

*The possibility of re-use of sewage sludge (SS) as an additive for cement concrete and mortar was considered. The results of chemical and physical-mechanical characteristics SS and their comparison with other additives were developed.*

**Key words:** cement concrete, technological waste, sewage sludge, organic-additives.

**Бреус Роман Владимирович,** кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры архитектуры зданий и сооружений, ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет».

**Копец Юрий Витальевич,** ассистент кафедры технологии и организации строительного производства, ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет».

УДК 628.46+691:620.19

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ КОТТЕДЖНОГО ТИПА

Будзило Е.Е., Горовая Н.А., Псюк В.В.

### INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY OF BUILDING OF COTTAGE TYPE

Budzilo E., Gorovaya N., Psyuk V.

*Предлагается технологическое решение устройства утепления и дополнительной гидроизоляции подвальной части здания с использованием бытовых отходов в качестве основного заполнителя опалубки, что позволит улучшить комфортность проживания.*

**Ключевые слова:** энергоэффективность зданий, утилизация отходов, гидроизоляционные работы, теплоизоляционные работы.

Подвальная часть коттеджного здания может подвергаться интенсивным влажностным воздействиям. Это приводит к значительным повреждениям, что неизбежно влечет за собой необходимость принятия эффективных мер по защите сооружения от внешних воздействий влаги.

Для такого типа дефектов стоимость ремонтно-восстановительных работ многократно превышает стоимость устройства гидроизоляции.

Зачастую вследствие нарушения технологии выполнения гидроизоляционных работ, а также из-за изменения свойств гидроизоляционной защиты и частичной или полной ее потери в процессе эксплуатации требуется восстановление гидроизоляции.

Внешний и внутренний ремонт гидроизоляции — это дополнительные расходы, которые сопряжены со сложностью выполнения работ в стесненных условиях. Это в свою очередь влечет за собой неудобства проживания в домах в период выполнения ремонта.

Теплый подвал без сырости препятствует образованию плесени и грибков, улучшая при этом комфортность проживания в коттеджах. В этом случае подвальная часть здания может эксплуатироваться как дополнительный этаж

(устройство бассейнов, кинотеатров, комнат отдыха, подсобных помещений и т.д.).

Одним из требований выполнения всех гидроизоляционных работ является создание замкнутой ванны, позволяющей полностью защитить подвальную часть здания от воздействия влаги.

**Целью работы** является разработка технологии устройства гидроизоляции с дополнительной теплозащитой (двойная замкнутая ванна).

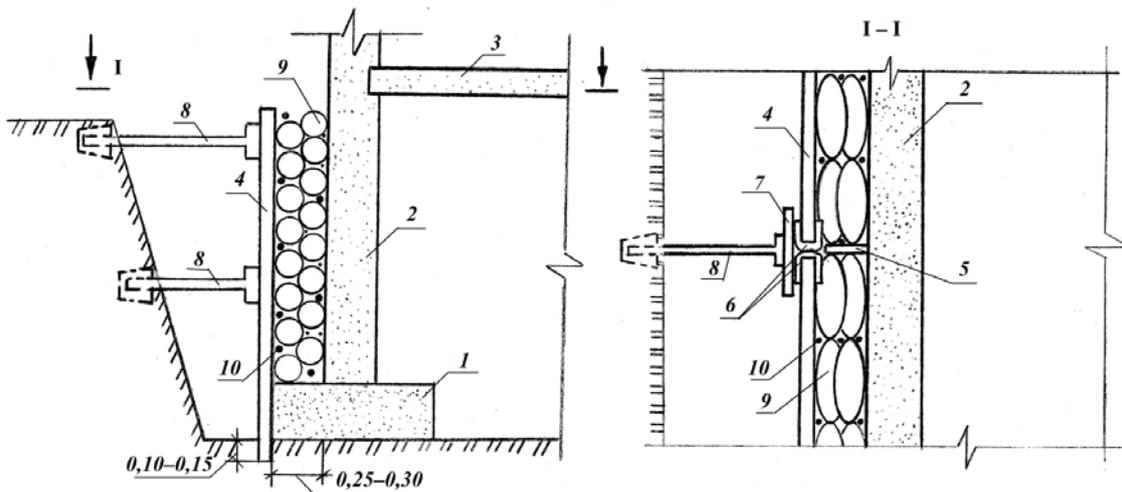
Перед началом работ по дополнительному утеплению необходимо выполнить поверхностную гидроизоляцию, если она наружная. Причем работы по утеплению необходимо производить после установки плит подвального перекрытия (для безопасности и упрощения технологии производства).

Вдоль боковой поверхности ленточного фундамента устанавливается несъемная опалубка из стеклотекстолита, винилпластика и т.д. Опалубка устанавливается по всему контуру здания с заглублением ниже подошвы фундамента на 0,1—0,15 м. Крепление опалубки между собой в местах ее сопряжения осуществляется таврами или уголками с полками длиной 0,05 м, причем ширина паза должна быть на 1—2 мм больше ширины опалубки (для удобства их закрепления). Дополнительная жесткость конструкции создается металлическими уголками и стойками с шагом 2—3 метра (в зависимости от габаритных размеров подвальной части), закрепленными снаружи опалубки с заглублением на 0,01 м. По верхнему контуру и посередине опалубка в местах установки стоек раскрепляется распорками. Образованный при

этом шурф шириной 0,25—0,3 м (в зависимости от ширины подошвы фундамента) заполняется закрытыми пластиковыми бутылками слоями высотой 0,5—0,7 м. В дальнейшем они будут выполнять роль теплоизоляции. Аналогичное решение принято в кирпичных стенах с воздушной прослойкой.

Что касается сбора пластиковых бутылок, то во многих странах для дальнейшей их утилизации устанавливаются контейнеры. В городе Луганске уже получил распространение данный способ сбора отработанных полимеров.

Для обеспечения однородности теплоизоляции шурф засыпается песчаной смесью на высоту слоя. Операция выполняется в несколько приемов до полного окончания работ. Учитывая, что бутылки составляют 80—85%, расход песчаной смеси будет незначительный. Для облегчения работ в местах стыковки опалубки можно устанавливать поперечные стенки из материала опалубки, что позволит выполнять засыпку по отсекам (рисунок 1).



1 – фундаментная подушка; 2 – фундаментные блоки; 3 – подвальное перекрытие;  
4 – опалубка; 5 – поперечная стенка; 6 – тавровый профиль; 7 – металлическая стойка;  
8 – распорка; 9 – пластиковые бутылки; 10 – песчаная смесь

Рис. 1. Схема устройства дополнительной теплозащиты подвальной части здания

Сверху шурф запечатывается глинистым замком, и производится обратная засыпка котлована. Перед началом работ снимаются уголки, стойки и распорки.

Применение асфальтовой отмостки позволит дополнительно защитить образованный теплопакет от воздействия воды.

Данная технология, в случае одобрения (выносится как предложение), предполагает дальнейшие исследования, а именно:

- расчет количества распорок для закрепления несъемной опалубки;
- выбор качественной съемной опалубки наиболее экономичной с точки зрения стоимостной политики из существующего рынка предложений по наличию материалов;
- определение теплотехнических показателей пакета утеплителя.

Применение пластиковых бутылок в качестве основного материала для утепления

позволяет произвести их утилизацию наиболее экономичным способом, т.к. нет необходимости искать решения по их переработке. Учитывая, что пластик является долговечным материалом, эксплуатационная надежность не вызывает сомнения.

Таким образом, в данной статье рассматривается метод устройства теплоизоляции и гидроизоляции коттеджных зданий с помощью бытовых отходов, что значительно снижает их стоимость и является актуальным в настоящее время.

#### Л и т е р а т у р а

1. Михеев А.П. Проектирование зданий и застройки населенных мест с учетом климата и энергосбережения: учебное пособие / А.П. Михеев, А.М. Береговой, Л.Н. Петрянина. — М., 2002. — 160 с.

2. Небел Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир?/ Пер с англ. Т. 1-2.- М.: Мир, 2003. С.424, 336.

3. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды. Учебное и справочное пособие. – 3е изд.- М.: Финансы и статистика. 2001.-672 с.

**Будзіло О.Є., Горова Н.А., Псюк В.В. Підвищення енергоефективності будівель котеджного типу**

*Пропонується технологічне рішення облаштування утеплення і додаткової гідроізоляції підвальної частини будівлі з використанням побутових відходів в якості основного заповнювача опалубки, що дозволить поліпшити комфортність проживання.*

***Ключові слова:** енергоефективність будівель, утилізація відходів, гідроізоляційні роботи, теплоізоляційні роботи.*

**Budzilo E., Gorovaya N., Psyuk V. Increase of energyefficiency of building of cottage type**

*Technological solution of device of warming and additional hydroinsulation of basement part of building is offered with the use of domestic wastes as a basic filler of planking, what the comfort of residence will allow to improve.*

***Key words:** energyefficiency of building, utilization of wastes, waterproofing works, heat-insulation works.*

**Горова Наталья Анатольевна**, кандидат геологических наук, доцент, и.о. декана Строительного факультета Донбасского государственного технического университета.

**Псюк Виктор Васильевич**, кандидат технических наук, доцент, и.о. зав. кафедрой Строительных конструкций Донбасского государственного технического университета.

**Будзило Елена Евгеньевна**, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой Городского строительства и хозяйства Донбасского государственного технического университета.

УДК 624.138.4

## ЗАКРЕПЛЕНИЕ СЛАБЫХ ГРУНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКТИВИРОВАННОГО СИЛИКАТА НАТРИЯ

**Высоцкий С.П., Писаренко А.В.**

## FASTENING WEAK SOILS USING ACTIVATED SODIUM SILICATE

**Vysotsky S.P., Pisarenko A.V.**

*Рассмотрено применение активированного силиката натрия в качестве добавки при закреплении просадочных грунтов. Для проверки проявляемого тиксотропного эффекта в глинистых грунтах использовалась разработанная авторами опытная установка. Приведены результаты гелеобразования в щелочной среде.*

***Ключевые слова:** слабые грунты, химическое закрепление, гелеобразование, силикат натрия, тиксотропный эффект*

Большинство зданий и других строительных сооружений в пределах городских агломераций в большинстве случаев испытывают деформации основания потому, что их фундаменты расположены на слабых грунтах. Такие деформации могут привести к аварийным ситуациям.

Проблемы строительства на слабых грунтах – тиксотропные грунты (относящиеся к

категории слабых) в верхней части разреза, наличие крупных валунов, высокий уровень грунтовых вод.

Такие слабые грунты способны под воздействием дополнительных техногенных нагрузок существенно изменять свои прочностные характеристики с проявлениями в их массивах опасных инженерно-геологических процессов.

Применение химических способов улучшения строительных свойств грунтов показало их эффективность при реконструкции зданий либо усилении фундаментов существующих сооружений. Это в значительной степени объясняется тем, что дает возможность проводить работы без прекращения эксплуатации здания.

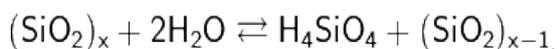
Подавляющее большинство рецептов силикатизации грунтов были основаны на

использовании неорганического полимера – силиката натрия. В дальнейшем разработка химических способов закрепления грунтов осуществлялась путем создания гелеобразующих растворов, которые представляли собой смесь раствора силиката натрия небольшой плотности с отверждающими растворами кислот и солей (KCl, NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) [7, 8].

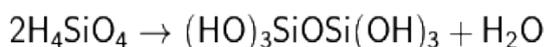
Широкое применение в строительстве на просадочных лессовых грунтах получил способ силикатизации. В работах [2, 4] освещаются вопросы, касающиеся химического закрепления оснований, находящихся в сложных грунтовых условиях методом силикатизации.

На данный период времени появилась необходимость в усовершенствовании существующих методов химического закрепления. Для этого была рассмотрена рецептура химического закрепления грунтов по однорастворной двухкомпонентной технологии на основе раствора силиката натрия с добавками соляной кислоты (HCl) с последующим образованием активированной кремниевой кислоты

Все поликремниевые кислоты малорастворимы в воде. В воде образуют коллоидные растворы по общей схеме реакции:



Образовавшаяся неустойчивая ортокремниевая кислота вступает в реакции поликонденсации:



Скорость коагуляции золь кремниевой кислоты зависит от температуры смеси гелеобразующих растворов, концентрации SiO<sub>2</sub> в растворе, pH среды, применяемой кислоты (серная или соляная). Скорость коагуляции растет при повышении температуры и концентрации исходного коллоидного раствора, и при понижении вязкости особенно сильно на вязкость раствора влияет температура [5].

Метод заключается в инъекционном уплотнении массива грунта посредством нагнетания вязкого коллоидного раствора под давлением. При заполнении имеющихся в грунте микротрещин коллоидный раствор застывает и армирует грунтовый массив. Такой метод закрепления позволяет осуществлять

компенсационное нагнетание при дополнительных осадках грунтовой толщи на участках зон разуплотнения массива грунтов при суффозионном выносе из него мелких и пылеватых фракций и защищать здания и сооружения от неравномерных осадков. Закрепление осуществляется посредством погружения в слабые грунты оснований зданий и сооружений или грунты зон оползневых смещений инъекторов.

Разработанные рецептуры однорастворного способа силикатизации [7, 8] основаны на создании гелеобразующих растворов с малой вязкостью, которая должна сохраняться в течение всего времени нагнетания раствора в грунт. Продолжительность нагнетания зависит от проницаемости грунта в данной зоне распространения раствора. Следовательно, закрепляющие растворы должны обладать регулируемым временем гелеобразования (в данном случае применяемая отверждающая добавка обладает свойствами буферности). За время гелеобразования принимается период между моментом окончания введения отвердителя в основной раствор (или основного раствора в отвердитель) и моментом перехода приготовленной смеси из жидкого состояния в гелеобразное.

Переход H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> в раствор можно представить схемой:

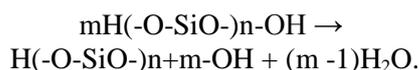


В процессе образования кремниевых кислот вначале получают неустойчивый истинный раствор H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>; эта кислота в дальнейшем, благодаря наличию реакционноспособных силанольных групп SiOH, вступает в поликонденсацию, первая стадия которой



Устойчивость золь кремниевых кислот зависит от концентрации кремниевых кислот, температуры, pH и др. Со временем золь теряет устойчивость и переходит в гель (при pH > 7,5 гидрозоль термодинамически устойчив к коагуляции). Скорость гелеобразования максимальна при pH 5,5-6,0. Подбирая соответствующие условия и применяя спец. добавки (стабилизаторы), удается получить устойчивые высококонцентрированные золи [1, 6].

Из рис. 1 видно, что при действии на раствор жидкого стекла раствором соляной кислоты (HCl) имеются области задержки процесса гелеобразования как в кислой, так и в щелочной области. Появление области загеливания в сильнокислой области (pH < 1,0), по-видимому, обусловлено поликонденсацией образующихся поликремниевых кислот по схеме:



Для выяснения причин появления областей, в которых не происходит гелеобразование, необходимо изучить влияние молярного отношения кислоты (K) и полисиликата натрия (ПСН) на процесс загеливания [3].

Из исследований Нигматуллин Э.Н. видно, что сильная двухосновная кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$  имеет средние значения границ молярных отношений интервала быстрого загеливания  $0,69 < n\text{K} / n\text{ПСН} < 0,86$ .

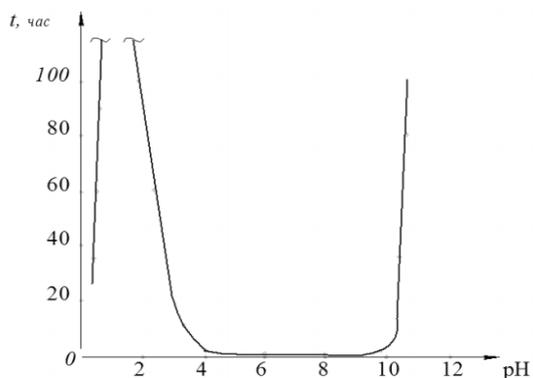


Рис. 1. Зависимость времени загеливания полисиликата натрия ( $m = 3$ ) от pH среды при добавлении HCl

Если допустить 100 %-ю диссоциацию  $\text{H}_2\text{SO}_4$  по 1-й и по 2-ой ступени, то оптимальные значения молярных отношений ионов водорода  $\text{H}^+$  и ПСН находятся в интервале  $1,38 < n\text{H} + /n\text{ПСН} < 1,72$ . Этот интервал в пределах погрешности совпадает с интервалом, найденным для сильных одноосновных кислот –  $1,38 < n\text{H} + /n\text{ПСН} < 1,68$ .

Для проверки грунта на воздействие тиксотропного эффекта в лабораторных условиях использовалась установка, разработанная и запатентованная нами. Использование данной установки позволяет

определить и смоделировать в глинистых грунтах появление тиксотропного явления, проанализировать закономерности его возникновения и минимизировать влияние негативных факторов, возникающих в результате строительства и эксплуатации конструкций на территориях, которые подвержены тиксотропным явлениям.



### Выводы

1. В процессе закрепления различными химическими композициями между частицами грунта возникают прочные структурные связи, которые обеспечивают увеличение прочности грунтов, снижение их сжимаемости, уменьшение водопроницаемости и чувствительности к изменению внешней среды.

2. Применение рецептуры химического закрепления грунтов по однорастворной двухкомпонентной технологии на основе раствора силиката натрия с добавками соляной кислоты (HCl) с последующим образованием активированной кремниевой кислоты позволит повысить эффективность производимых работ, снизить стоимость материалов.

3. Деформации оснований, расположенных на слабых грунтах, негативно влияют на эксплуатационную надежность зданий и сооружений и могут служить причиной конструктивных повреждений зданий, объектов инфраструктуры, сельскохозяйственных земель и дренажных сетей.

4. Возможность регулировать время гелеобразования закрепляющих растворов позволит достигнуть необходимые заданные структурно-механические свойства грунтового массива.

### Литература

1. Айлер Р., Химия кремнезема, ч. 1-2, пер. с англ., М., 1982

2. Бронжаев М.Ф. Метод расчета параметров химического закрепления грунтовых массивов, загрязненных фосфорнокислыми промстоками: Дисс... канд. техн. наук: 05.23.02. – Днепропетровск, 1997. – 179 с.

3. Нигматуллин Э.Н. Обоснование механизма гелеобразования в растворах полисиликатов натрия при действии кислот / Э.Н. Нигматуллин Акчурин Х.И., Ленченкова Л.Е. / Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012, № 3 С 375-384

4. Мишурова Т. В. Закрепление песчаных оснований, загрязненных фосфорнокислыми промстоками, в условиях действующего производства: Дисс... канд. техн. наук: 05.23.02. – Днепропетровск, 2001. – 171 с.

5. Первушкин Н.И. Производство катализаторов крекинга и высокоактивных силикагелей / Н.И. Первушкин, А.А.сДавидянц / Издательство «Химия», М., 1972г. 168 с.

6. Получение и применение гидрозолей кремнезема, под ред. Ю. Г. Фролова, М., 1979 (Труды МХТИ им. Д. И. Менделеева, в. 107).

7. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. – М.: Стройиздат, 1986. – 263 с.

8. Соколович В.Е. Химическое закрепление грунтов. – М.: Стройиздат, 1980. – 118 с.

**Висоцький С.П., Писаренко А.В. Закріплення слабких ґрунтів з використанням активованого силікату натрію**

*Розглянуто застосування активованого силікату натрію як добавки при закріпленні просідаючих ґрунтів. Для перевірки тиксотропного ефекту, що проявляється в глинистих ґрунтах, використовувалася розроблена авторами дослідна установка. Наведено результати гелеутворення в лужному середовищі.*

**Ключові слова:** слабкі ґрунти, хімічне закріплення, гелеутворення, силікат натрію, тиксотропний ефект

**Vysotsky S.P., Pisarenko A.V. Fastening weak soils using activated sodium silicate.**

*The application of activated sodium silicate as an additive for fixing soil subsidence. To test exhibited by thixotropic effect in clay soils used by the authors developed a pilot plant. The results of gel in an alkaline medium.*

**Key words:** weak soils, chemical binding, gelation, sodium silicate, a thixotropic effect.

**Висоцький Сергей Павлович**, д.т.н., профессор, Зав. кафедрой «Охрана труда, БЖД и гражданская защита». Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка.

**Писаренко Анастасия Валериевна**, ассистент кафедры «Охрана труда, БЖД и гражданская защита». Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка.

УДК624.0166.2.08

## УТОЧНЕНИЕ ОБЩЕГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИИ

Гусенцова Я.А., Письменная С.А.

## CLARIFICATION OF THE GENERAL EQUATION OF HEAT TRANSFER IN THE ROOM

Gusentsova Y.A., Pismennaja S.A.

*Теплообмен в помещении играет важную роль в создании микроклимата, поэтому актуальной задачей является уточнение уравнения теплообмена в этих условиях. Автором выполнена поставленная задача и показано использование полученного уточненного уравнения для реальных условий.*

**Ключевые слова:** теплообмен, система уравнений, уточнение модели, пример расчета.

При эксплуатации зданий определяющим является тепловой режим помещений, от которого зависит ощущение теплового комфорта людей, нормальное протекание производственных процессов, состояние и долговечность конструкций здания и его оборудования. Тепловая обстановка в помещении определяется совместным

действием ряда факторов: температуры, подвижности и влажности воздуха помещения, наличием струйных течений, распределением параметров воздуха в плане и по высоте помещения, а также радиационным излучением окружающих поверхностей, зависящим от их температуры, геометрии и радиационных свойств. Под действием конвективного и лучистого теплообмена и процессов массопереноса температуры воздуха и поверхностей в помещении взаимосвязаны и оказывают воздействие друг на друга [1, 3].

Так как в помещении температура воздуха и температура поверхностей стенок, вообще говоря, неодинаковы, то использование коэффициента  $a_b$  мешает надлежащему выявлению как той, так и другой температур. Предлагаемый ниже расчет основан на раздельном рассмотрении коэффициента конвективной теплоотдачи  $a_n$  поверхностей ограждений и коэффициента теплоотдачи излучением  $a_l$ .

Величины этих коэффициентов принимаются одинаковыми для всех ограждений, как это сделано выше в отношении коэффициента  $a_b$ . Точный выбор этих коэффициентов затруднителен, так как имеющиеся данные исследований не отражают тех условий, в которых происходит теплоотдача поверхностями ограждений в помещении, где конвективные токи обусловлены взаимодействием разных ограждений, а также эксплуатационным режимом. Ниже даны указания, как производить расчеты в том случае, когда заданы индивидуальные значения  $a_k$  и  $a_l$  для отдельных ограждений [2, 4].

При выборе числовых значений указанных коэффициентов можно руководствоваться следующим. Угловой коэффициент взаимооблучения поверхности с окружающей полусферой равен единице, а приведенный коэффициент излучения для большинства строительных материалов примерно равен  $C'=4,3$ . Принимая  $a_b = 7,5$  и  $a_l = 4,3$ , получаем для  $a_k$ :

$$a_k = a_b - a_l = 3,2.$$

Уравнение для колебаний теплового потока на внутренней поверхности любого ограждения  $r$  ( $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ ) при гармонических

тепловыделениях в помещении  $\dot{W}$  ( $\text{ккал}/\text{ч}$ ) имеет вид:

$$\dot{Q}_r = a_k (\dot{\theta}_{B3} - \dot{\theta}_r) + a_l (\dot{\theta}_{окр} - \dot{\theta}_r) + \frac{S_r \dot{W}}{F_r}, \quad (1)$$

где  $\dot{Q}_r$  — колебания поглощаемого ограждением теплового потока,  $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ ;  
 $\dot{\theta}_{B3}$  — колебания температуры воздуха помещения,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\dot{\theta}_r$  — колебания температуры поверхности рассматриваемого ограждения,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\dot{\theta}_{окр}$  — колебания усредненной температуры поверхностей, окружающих ограждение  $r$  в пределах полусферы, по отношению к которым происходит взаимооблучение поверхности  $r$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$F_r$  — поверхность рассматриваемого ограждения,  $\text{м}^2$ ;

$S_r$  — доля выделяемого тепла в помещении, переходящая непосредственно излучением от источника тепла к поверхности  $P$ , если источник существует в помещении отдельно от ограждений.

Обозначения  $\dot{Q}_r, \dot{\theta}_{B3}, \dot{\theta}_r, \dot{\theta}_{окр}$  и  $\dot{W}$ , выраженные комплексными числами, дают гармонические колебания по амплитуде и начальному фазовому углу; период колебаний одинаков для всех указанных гармоник.

Тепловой поток считаем положительным, когда он направлен в сторону движения волны, т. е. из помещения наружу.

Первый член правой части уравнения выражает количество тепла, получаемое ограждением  $r$  конвекцией от воздуха, второй член — получаемое от лучистого теплообмена с прочими ограждениями в пределах полусферы, третий член — получаемое излучением непосредственно от источника тепла.

Образующиеся на ограждениях колебания **тепловых** потоков поглощаются одинаково как внутренними ограждениями помещения, так и наружными (поскольку колебания температуры наружной среды не принимаются в расчет).

Усреднение температур в пределах полусферы при определении лучистого теплообмена, представленное величиной  $\dot{\theta}_{окр}$ , вполне закономерно лишь для помещения, имеющего форму куба, так как тогда угловой коэффициент для любой пары стенок равен 0,2;

в других случаях решение носит приближенный характер.

Если  $\dot{\theta}_o$  есть колебание усредненной температуры всех поверхностей ограждений, то

$$\dot{\theta}_{окр} F_{окр} + \dot{Q}_r F_r = \dot{\theta}_o F_o, \quad (1)$$

откуда

$$\dot{\theta}_{окр} = \frac{\dot{\theta}_o F_o - \dot{\theta}_r F_r}{F_o - F_r}, \quad (2)$$

где  $F_o$  — суммарная поверхность всех ограждений помещения,  $m^2$ .

Следовательно, уравнение принимает вид:

$$\dot{Q}_r = a_k (\dot{\theta}_{B3} - \dot{\theta}_r) + a'_l (\dot{\theta}_o - \dot{\theta}_r) + \frac{s_r \dot{W}}{F_r}, \quad (3)$$

где

$$a'_l = a_l \frac{F_o}{F_o - F_r}, \quad (4)$$

Для помещения, имеющего форму куба, множитель  $\frac{F_o}{F_o - F_r}$  равен 1,2; в интересах упрощения расчетов будем считать его одинаковым для любых помещений и принимать

$$a'_l = 1,2 a_l, \quad (5)$$

Обозначим буквой  $\eta_k$  долю выделяемого в помещении тепла, которая передается от источника всем ограждениям помещения конвекцией через воздух. Составим уравнение баланса для этого тепла:

$$\dot{W} \eta_k = a_k (\dot{\theta}_{B3} - \dot{\theta}_o) F_o, \quad (6)$$

Уравнение справедливо для любого момента  $\tau$ , так что можно писать:

$$\omega \eta_k = a_k (t_{B3} - t_o) F_o, \quad (7)$$

где  $\omega$ ,  $t_{B3}$  и  $t_o$  - мгновенные значения тепловыделений, температуры воздуха и температуры окружения.

**Итак,**

$$\dot{\theta}_o = \dot{\theta}_{B3} - \frac{\dot{W} \eta_k}{F_o a_k}, \quad (8)$$

Второй и третий члены уравнения (3) преобразуются следующим образом:

$$a'_l (\dot{\theta}_o - \dot{\theta}_r) + \frac{\dot{W} s_r}{F_r} = a'_l \left( \dot{\theta}_{B3} - \dot{\theta}_r - \frac{\dot{W} \eta_k}{F_o a_k} \right) + \frac{\dot{W} s_r}{F_r} = a'_l (\dot{\theta}_{B3} - \dot{\theta}_r) + \dot{W} \left( \frac{s_r}{F_r} - \frac{a'_l \eta_k}{a_k F_o} \right).$$

Обозначим

$$a_k + a'_l = a'_B; \quad (9)$$

Тогда

$$\frac{a'_l}{a_k} = \frac{a'_B - a_k}{a_k} = \frac{a'_B}{a_k} - 1. \quad (10)$$

Далее из понятия о коэффициенте теплоусвоения следует:

$$\dot{y}_r = \frac{\dot{Q}_r}{\dot{\theta}_r},$$

Откуда

$$\dot{\theta}_r = \frac{\dot{Q}_r}{\dot{y}_r}. \quad (11)$$

Если принять во внимание сказанное, то вместо уравнения (3) получим:

$$\dot{Q}_r = a'_B \left( \dot{\theta}_{B3} - \frac{\dot{Q}_r}{\dot{y}_r} \right) + \dot{W} \left( \frac{s_r}{F_r} + \frac{\eta_k}{F_o} - \frac{a'_l \eta_k}{a_k F_o} \right), \quad (12)$$

Или

$$\dot{Q}_r \left( \frac{1}{a'_B} + \frac{1}{\dot{y}_r} \right) = \dot{\theta}_{B3} + \frac{\dot{W} \eta_k}{F_o a'_B} - \frac{\dot{W} \eta_k}{F_o a_k} + \frac{\dot{W} s_r}{a'_B F_r},$$

или

$$\dot{Q}_r = \left( \dot{\theta}_{B3} + \frac{\dot{W} \eta_k}{F_o a'_B} - \frac{\dot{W} \eta_k}{F_o a_k} + \frac{\dot{W} s_r}{a'_B F_r} \right) \dot{B}'_r. \quad (13)$$

По аналогии мы ввели обозначение

$$\dot{B}' = \frac{1}{\frac{1}{\dot{Y}_r} + \frac{1}{a'_b}}. \quad (14)$$

Суммируя тепловые потоки на поверхностях всех ограждений, получаем величину  $\dot{W}$ . Итак,

$$\dot{W} = \sum \dot{Q}_r F_r = \left( \dot{\theta}_{B_3} + \frac{\dot{W} \eta_\kappa}{F_o a'_b} - \frac{\dot{W} \eta_\kappa}{F_o a_\kappa} \right) \dot{B}'_o F_o + \frac{\dot{W}}{a'_b} \sum S_r \dot{B}'_r, \quad (15)$$

где  $\dot{B}'_o$  — усредненное значение  $\dot{B}'_r$  для всех ограждений, т. е.

$$\dot{B}'_o = \frac{\sum \dot{B}'_r F_r}{F_o}, \quad (16)$$

Величина  $S_r$  различна для разных ограждений и, в частности, может быть равна для некоторых или для всех ограждений нулю. Введем усредненную величину  $\dot{B}'_s$ , равную:

$$\dot{B}'_s = \frac{\sum S_r \dot{B}'_r}{\sum S_r}. \quad (17)$$

Так как в нашем случае (когда имеется отдельно от ограждений источник тепла)

$$\sum S_r = 1 - \eta_\kappa, \quad (18)$$

получим:

$$\sum S_r \dot{B}'_r = \dot{B}'_s (1 - \eta_\kappa). \quad (19)$$

Как видно, при определении  $\dot{B}'_s$  усреднение производится по параметру  $S_r$  поверхности (а не по ее площади в метрах).

Решив уравнение (15) относительно  $\dot{\theta}_{B_3}$ , получим:

$$\dot{\theta}_{B_3} \dot{B}'_o F_o = \dot{W} - \frac{\dot{W} \eta_\kappa \dot{B}'_o}{a'_b} + \frac{\dot{W} \eta_\kappa \dot{B}'_o}{a_\kappa} - \frac{\dot{W} (1 - \eta_\kappa) \dot{B}'_s}{a'_b},$$

Или

$$\dot{\theta}_{B_3} = \frac{\dot{W}}{F_o} \left[ \frac{1}{\dot{B}'_o} - \frac{1}{a'_b} \left( \eta_\kappa + \frac{(1 - \eta_\kappa) \dot{B}'_s}{\dot{B}'_o} \right) + \frac{\eta_\kappa}{a_\kappa} \right]. \quad (20)$$

Таков общий вид уточненного уравнения для колебаний температуры внутреннего воздуха.

Согласно сказанному для расчетов можно принять следующие числовые значения:

$$a'_l = 1, 2 a_l = 1, 2 \cdot 4, 3 = 5, 2; \\ a'_b = a_\kappa + a'_l = 3, 2 + 5, 2 = 8, 4.$$

Таким образом, выполнено уточнение математической модели процесса теплопередачи в помещении и на примере показано ее использование для конкретного случая.

#### Л и т е р а т у р а

1. Андрийчук Н.Д. Термодинамика для инженеров-строителей / Н.Д. Андрийчук, А.А. Коваленко, В.И. Соколов. – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2005. – 304 с.
2. Карминский В.Д. Техническая термодинамика и теплопередача / В.Д. Карминский. - М.: Маршрут, 2005. — 224 с.
3. Пригожин И. Современная термодинамика / И. Пригожин, Д. Кондепуди. – М.: Мир, 2003. – 461 с.
4. Шкловер А. М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях / А.М. Шкловер.- М.: Госэнергоиздат, 1961. -160 с.

#### Гусенцова Я.А., Письменная С.А. Уточнення загального рівняння теплообміну в приміщенні

*Теплообмін в приміщенні відіграє важливу роль у створенні мікроклімату, тому актуальним завданням є уточнення рівняння теплообміну в цих умовах. Автором виконано поставлене завдання і показано використання отриманого уточненого рівняння для реальних умов.*

**Ключові слова:** теплообмін, система рівнянь, уточнення моделі, приклад розрахунку.

#### Gusentsova Y.A., Pismennaja S.A. Clarification of the general equation of heat transfer in the room

*Heat transfer in the premises plays an important role in creating a climate so urgent task is to clarify the heat transfer equation in these conditions. The author performed the task and shows the use of the resulting refined the equation for real conditions.*

**Key words:** the heat exchange system of equations, specification model, an example of calculation.

**Гусенцова Яна Алимовна**, д.т.н., проф., зав. кафедры технологии и организации строительного производства. Луганский национальный аграрный университет.

**Письменная Светлана Анатольевна**, аспирант кафедры технологии и организации строительного производства. Луганский национальный аграрный университет.

УДК 621.3.051.24

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОУСТАНОВОК

Демьяненко Т.И.

### THE EFFICIENCY OF WIND TURBINES

Demyanenko T.I.

*Ветроэнергетические установки рассматриваются как альтернативный источник энергии. Альтернативная энергетика с внедрением нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) является одним из базисных направлений развития технологий в мире. Наличие неистощимой ресурсной базы и природной чистоты НВИЭ являются определяющими. Большинство производителей ветроустановок, подключенных к энергосистемам, выпускают ветротурбины единичной мощности 250 - 750 кВт. Для ветроэлектростанции в 1 МВт нужно 4 ветротурбины мощностью 250 кВт. Если применяются турбины мощностью 500 кВт, то достаточно двух. Показаны преимущества и недостатки.*

**Ключевые слова:** альтернативный источник, ветроэнергетические установки (ВЭУ), ветровые электростанции (ВЭС).

В конце XX века стали ощутимыми изменения климата: изменение температуры, увеличение силы и частоты неблагоприятных явлений. Распространенное объяснение — парниковый эффект вследствие сжигания угля, нефти и газа. Украина ратифицировала Киотский протокол 4 февраля 2004 г. и взяла на себя обязательство снизить выбросы вредных веществ.

Растущая обеспокоенность по поводу выбросов ископаемого топлива, а также более высокие затраты на ископаемые виды топлива (в частности, природного газа и угля) способствовали увеличению использования ветровой энергетики во многих странах мира: Дания-28% всего электричества, Португалия-19%, Испания-16%, Ирландия-14%, Германия-8%.

По оценкам специалистов общий потенциал украинской ветроэнергетики составляет 5000 МВт. Временами территория Украины поражается засухами, особенно степная полоса, которая представляет собой территорию возможного максимального внедрения ветрогенераторов, а именно: побережье Черного и Азовского морей, гористые районы Крымского полуострова (особенно северо-восточное побережье) и Карпат, Одесская, Херсонская, Запорожская, Донецкая, Луганская и Николаевская области.

Для выяснения эффективности использования ветроустановок необходимо рассмотреть их положительные и отрицательные характеристики, а также проанализировать экономические вопросы строительства.

**Цель работы:** проанализировать, насколько эффективным является использование энергии ветра в Луганской области. Сравнить основные компоненты ветроустановок и их приблизительную стоимость, а также сроки окупаемости.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Потребление энергии, а вместе с ним и её стоимость увеличиваются во всём мире. Учёные считают, что выход из энергетического кризиса – это масштабное использование источников возобновляемой энергии. Наиболее перспективным и альтернативным является ветер [1]. Ветроэнергетика – отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую,

тепловую или в любую другую форму энергии. Ветроэнергетика имеет свои положительные характеристики: сокращается потребление невозобновляемых ресурсов, снижаются расходы на дальнепривозное и сезонное топливо, не загрязняется окружающая среда твёрдыми и газообразными отходами, используются непригодные для хозяйственных целей земли, полная автоматизация работы, увеличивается число децентрализованных потребителей, отсутствие дежурного персонала, независимость от природных катаклизмов.

Однако существуют и недостатки: непостоянство мощности передвижения воздушного потока, необходимость резервных источников при отсутствии ветра, высокая удельная стоимость установленной мощности, минимальный шумовой и вибрационный эффект [3].

Ветроустановки большой мощности не предназначены для автономной работы и параллельной работы друг с другом. Поэтому как только отключается линия электропередачи (ЛЭП), связывающая ветростанцию с энергосистемой, останавливаются и ветроустановки ВЭС. Необходимо при проектировании обеспечивать надёжную связь с энергосистемой — лучше всего двумя ЛЭП с разных точек энергосистемы. Для одиночных ветроустановок и небольших ВЭС, имеющих определённую загрузку, нужно иметь резервный источник.

На территории Украины уже существуют ветропарки (Новоазовский, Мирновский, Тарханкутский, Донузлавский и др.), и их количество постоянно увеличивается. Перспективными являются также отдельные районы других краёв, областей и республик Российской Федерации. Имеющийся потенциал используется в недостаточной мере. Ростовская ВЭС — мощность 300 кВт (10 ВЭУ-30 кВт), разработчик и изготовитель — немецкая фирма Хуэумср Шифтсверт с участием ПО «Ленподъёмтрансмаш» и ассоциация «Совена». Между тем в энергосистеме России, включая районы автономного энергоснабжения, экономически оправданная доля ветроэнергетики может составлять 3-4 % от общего электропотребления.

Подавляющее большинство современных ветродвигателей с горизонтальной осью вращения рабочего колеса. Ветродвигатель может иметь разное количество лопастей

переменной или постоянной скорости. Наиболее распространены ветродвигатели из трёх крыльев. Обычная высота башни 16–24 метра. С увеличением точки расположения ветроустановки возрастает скорость ветра, что значительно усиливает выработку электроэнергии. Срок окупаемости ветроэнергетической установки в зависимости от местности, состояния коммуникаций, мощности установки составляет от 3 до 8 лет.

**Основной материал.** К основным компонентам системы, без которых работа ветряка невозможна, относят такие элементы.

1. Генератор — необходим для зарядки аккумуляторных батарей. От его мощности зависит, как быстро будут заряжаться аккумуляторы и вырабатываться переменный ток.

2. Лопасти — приводят в движение вал генератора благодаря кинетической энергии ветра.

3. Мачта — улавливает воздушные потоки на определённой высоте, чем выше мачта, тем стабильнее и сильнее сила ветра.

Список дополнительных необходимых компонентов:

1. Контроллер — управляет многими процессами поворота лопастей, заряда аккумуляторов, защитными функциями. Преобразовывает переменный ток в постоянный для заряда аккумуляторных батарей.

2. Аккумуляторные батареи — накапливают электроэнергию для использования в безветренные часы, выравнивают и стабилизируют выходящее напряжение из генератора, формируют стабильное напряжение без перебоев даже при порывистом ветре.

3. Анемоскоп и датчик направления ветра — отвечают за сбор данных о скорости и направлении ветра в установках средней и большой мощности.

4. АВР — автоматический переключатель источника питания. Объединяет ветроустановку, общественную электросеть, дизель-генератор и другие источники питания в единую автоматизированную систему.

5. Инвертор — преобразовывает ток из постоянного в переменный, который потребляет большинство электроприборов.

Принцип действия ветрогенераторов: под напором ветра вращается ветроколесо с лопастями, передавая крутящий момент через

систему передач вала ветрогенератора, вырабатывающего электроэнергию, водяному насосу или электрогенератору. Чем больше диаметр ветроколеса ветрогенератора, тем

большой воздушный поток оно захватывает и тем больше энергии вырабатывает ветрогенератор.



Рис.1 Схема работы ветрогенераторной системы с потребителем

Работу всего ветроэнергетического комплекса определяют следующие основные величины.

1. Выходная мощность ветроустановки (кВт) определяется мощностью инвертора и не зависит от скорости ветра, емкости аккумуляторов.

2. Время непрерывной работы при отсутствии ветра определяется емкостью

аккумуляторных батарей (Ач или кВт) и зависит от мощности и длительности потребления.

3. Скорость заряда аккумуляторных батарей (кВт/час) зависит от мощности самого генератора, скорости ветра, высоты мачты и рельефа местности.

**Сравнительная характеристика ветроустановок**

Название модели/ Параметры	EuroWind 300**	EuroWind 10*	EuroWind 50** (для сильных ветров)
Начальная скорость ветра	2,5 м/с	2 м/с	3,5 м/с
Диаметр ротора	1,5 метра	8 метров	18 метров
Максимальная мощность	500 Вт	13 000 Вт	55 000 Вт
Исходное напряжение генератора	24В	240В	380В
Скорость вращения ротора	450 оборотов/мин.	200 оборотов/мин.	80 оборотов/мин.
Время для полной зарядки аккумуляторов	около 8 часов	около 12 часов	около 16 часов
Высота мачты	6 м	12 м	18 м
Вес	12 кг (без мачты)	1391 кг	2644 кг
Стоимость с комплектом, \$	1595	33 180	170 080

\*– при среднегодовой скорости ветра 6 м/с

\*\*– при среднегодовой скорости ветра 8 м/с

По нашим исследованиям ветропарки стоят весьма недешево. Причины дороговизны:

- Высокая стоимость привлечения ресурсов и непродолжительный срок предоставления кредита в украинских банках .

- Для привлечения западных денег необходимы гарантии их возврата и маркетинговая стратегия проекта.
- Согласно поправкам к Закону «Об электроэнергетике», «зеленый тариф» получают те ветростанции, при строительстве которых наибольшая доля украинских компонентов (сырье, оборудование, работы).
- В странах СНГ слабо развито национальное производство современных ветротурбин мегаваттного класса.

**Выводы:** потенциальная мощность ветроэнергетики достаточно высока, однако используется не в полную силу. Это связано с дороговизной ветроустановок, медленной окупаемостью, отсутствием бюджетных средств и законов, которые бы поощряли строительство таких проектов. Рекомендации по преодолению негативных факторов: открытие локального производства компонентов ветроустановок иностранных компаний, уменьшение массы ВЭУ для наиболее эффективного направления минимизации капитальных вложений, наименьшее расстояние от ветроустановки до жилых объектов должно составлять 300м, чтобы снизить распространение низкочастотных колебаний и вибраций, передающихся через почву. Пришло время подключить все альтернативные источники энергии в энергетический баланс страны.

#### Л и т е р а т у р а

1. Олійник Я.Б., Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. Основы экології.: Навч. посібник «Знання». -К. 2012-558 с.
2. Солоницын А. И. «Второе пришествие ветроэнергетики», «Наука и Жизнь» № 3, 2004 год (Проверено 15 сентября 2009)
3. Царик Л.П., Вітенко І.М. Екологія: підруч. загальноосвіт. навч. закл.: профіл. рівень /.-К.: Генеза, 2010 - 240 с
4. Хаскин Л. И. «Башня из ветроэнергетических модулей», «Наука и Жизнь» № 9, 2003 год (Проверено 15 сентября 2009)
5. Наукове видання. Збірник статей «Планета наш дім» ст. 29-31  
Планета-наш дом: Сб.ст. (Міжнародн. молод. науч. конф., , г. Алчевск, 16 апреля 2010 г.) – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – 212с
6. По книге "Ветроэнергетика" / Под редакцией Д. де Рензо, Москва, Энергоатомиздат, 1982 г.

#### Дем'яненко Т.І. Ефективність використання вітроустановок

*Вітроенергетичні установки розглядаються як альтернативне джерело енергії. Альтернативна енергетика, з впровадженням нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії (НВДЕ), є одним з базисних напрямків розвитку технологій в світі. Наявність невичерпної ресурсної бази та природної чистоти НВДЕ є визначальними. Більшість виробників вітроустановок. підключених до енергосистем, випускають вітротурбіни одиначної потужності 250 - 750 кВт. Для вітроелектростанції в 1 МВт потрібно 4 вітротурбіни потужністю 250 кВт. Якщо застосовуються турбіни потужністю 500 кВт, то достатньо двох. Показано переваги та недоліки.*

**Ключові слова:** альтернативне джерело, вітроенергетичні установки (ВЕУ), вітрові електростанції (ВЕС).

#### Demyanenko T.I. The efficiency of wind turbines

*Wind turbines are considered as an alternative source of energy. Alternative energy, with the introduction of alternative and renewable energy sources (renewable sources of energy), is one of the basic directions of development of technologies in the world. The presence of an inexhaustible and natural resource base of clean and renewable sources of energy are crucial. Most manufacturers of wind turbines. connected to the power system, produce the wind turbine with unit capacity 250 — 750 kW. For wind farm a 1 MW wind turbine needs 4 power of 250 kW. If you use turbines of 500 kW, enough two. The advantages and disadvantages.*

**Key words:** alternative source, wind power plant (WPP), wind power plant (WPP).

**Дем'яненко Татьяна Игоревна**, старший преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин. Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

УДК 574

## ЭКОЦИД В ДОНБАССЕ

Дрозд Г.Я., Салуквадзе И.Н., Хвортова М.Ю.

## ECOCIDE IS IN DONBASSE

G.Ya.Drozd, I.N. Salukvadze, M.Yu.Khvortova

*В статье, основанной на реальных событиях и наблюдениях в Донбассе, показано, что чрезвычайные ситуации военного характера являются механизмом разрушения окружающей и социально-урбанизированной среды. Выполнена систематизация экологических последствий экоцида с их характеристикой и оценкой. Сделаны выводы о том, что военные действия провоцируют нарушение экогенной, гуманитарной и техногенной безопасности и являются причиной возникновения экологической катастрофы.*

**Ключевые слова:** война, экология, экоцид, гуманитарная, техногенная, экологическая катастрофа.

Политическое противостояние на востоке Украины весной 2014 года вылилось в военный конфликт. Военный конфликт (война) – это источник чрезвычайной ситуации (ЧС). В соответствии с постановлением Правительства РФ № 304 от 21.05.2007 г. «О классификации

чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» по природе возникновения все ЧС подразделяются на техногенные, природные, экологические, антропогенные, социальные, комбинированные и военного характера. Эта классификация важна для практических целей и служит основой при определении общего содержания и объема мер по противодействию различным опасным явлениям и событиям, планировании деятельности в этой области для предотвращения, снижения и ликвидации последствий ЧС.

Общепризнано, что война – это источник опасности и механизм разрушения среды обитания человека и биосферы.

Военными специалистами разработана классификация опасностей, вызванных военными действиями (табл. 1) [1].

Т а б л и ц а 1

**Опасности, возникающие при ведении военных действий или вследствие этих действий**

Наименование опасностей	Характеристика
Опасности, возникающие от прямого воздействия средств поражения	Поражение обычными средствами вооруженной борьбы, а также радиоактивным, химическим и бактериологическим оружием; в перспективе сюда могут добавиться поражения нелетальным оружием (психотропным, высокочастотным, лазерным)
Опасности, возникающие от косвенного воздействия средств поражения (вторичные факторы поражения)	Разрушение зданий, радиационно, химически и гидродинамически опасных объектов, возникновение пожаров и очагов биологического заражения
Опасности, связанные с изменением среды обитания людей, которые могут привести к их гибели или нанести серьезный вред здоровью	Воздействие средств поражения, которые приводят к утрате жилищ, нарушения в системах снабжения водой, продовольствием и оказания медицинской помощи населению

Влияние военных действий на экологию мира наиболее активно стало изучаться в конце прошлого века в период «холодной войны». Осознание последствий возможной

широкомасштабной ядерной войны и реальное уничтожение природы в Индокитае, на Ближнем Востоке и на Балканах породило понятие «экоцид» - невиданное по масштабу

разрушение природной среды в ходе военных действий.

По признанию зарубежных специалистов, в современных условиях вооруженные силы используются не столько для ведения традиционных военных действий, сколько для того, чтобы лишить противника возможности сопротивления за счет поражения его наиболее важных объектов экономики и инфраструктуры. При этом агрессоры *не несут ответственности за экологический ущерб и экоцид на территории чрезвычайной ситуации* [1-3].

**Основные понятия, применяемые в сфере военных конфликтов и при их последствиях.**

Прежде всего о понятии «экоцид», вынесенном в заголовок статьи. Существует два определения, одно из которых отражает экологический подход, другое – политэкономический.

Ниже приведены оба. Как будет показано ниже, эти понятия по сути неразделимы.

**Экоцид** – массовое уничтожение растительного или животного мира, отравление атмосферы или водных ресурсов, а также совершение иных действий, способных вызвать экологическую катастрофу. Преступление против мира, безопасности и человечества, предусмотренное ст. 358 УК РФ. В последние годы в международном праве наметилась тенденция к признанию экоцида международным преступлением. *Экологический словарь 2001г.*

**Экоцид** – уничтожение экономического пространства страны, сопровождающееся неизбежными человеко-скими жертвами и ухудшением условий жизни, что ведет к голоду, деградации и преждевременной гибели значительной части населения. *Современный толковый словарь русского языка Т.Ф. Ефремовой.*

**Техногенная катастрофа** – чрезвычайное происшествие, возникновение и развитие неблагоприятного и неуправляемого процесса в техносфере, повлекшего за собой крупные человеческие жертвы, ущерб здоровью людей, разрушение объектов техносферы и значительные повреждения окружающей среды. *Словарь терминов МЧС, 2010.*

**Гуманитарная катастрофа** — состояние общества, характеризующееся угрозой его уничтожения в результате миграций, голода,

эпидемий и насилия в отношении мирного населения. Гуманитарная катастрофа может возникнуть в местности, являющейся ареной боевых действий. *Словарь терминов МЧС, 2010.*

**Экологическая катастрофа** – чрезвычайное событие особо крупных масштабов, вызванное изменением (под воздействием антропогенных факторов) состояния литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы, сопровождающееся массовой гибелью организмов и экономическим ущербом. *Словарь терминов МЧС, 2010.*

**Чрезвычайная ситуация (ЧС)** – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. *Словарь терминов МЧС, 2010.*

Нами ставилась задача **исследовать и систематизировать комплексные последствия экоцида на окружающую природную и техногенную среду урбанизированных территорий в целом.**

Донецкая и Луганская области Украины территориально образуют Донецкий угольный бассейн – Донбасс, где в апреле 2014 года разразился военный конфликт. Ареал военных действий в Донбассе составляет 53,2 тыс. км<sup>2</sup> (Донетчина – 26,5 тыс. км<sup>2</sup> с населением 4,8 млн чел., сосредоточенных в 1305 населенных пунктах, средняя плотность населения 182 чел/км<sup>2</sup> и Луганщина – 26,6 тыс. км<sup>2</sup> с населением 2,4 млн чел., сосредоточенных в 975 населенных пунктах, средняя плотность населения 91 чел/км<sup>2</sup>). Активные боевые действия ведутся на территории 18 тыс. км<sup>2</sup>. Донбасс – промышленно и сельскохозяйственно развитый регион с высокими плотностями населения и расселения (на каждые 25 км<sup>2</sup> приходится 1 среднестатистический населенный пункт со средним расстоянием между соседними 5-6 км). Донбасс граничит с Российской Федерацией. Боевые действия на такой территории с применением современного вооружения крайне разрушительны как для природы, так и для населенных пунктов и инженерной инфраструктуры.

Современная война в Донбассе высокотехнологична – это использование более 2000 единиц бронированной техники, около сотни единиц самолетов и вертолетов, несколько сотен единиц тяжелой артиллерии, в том числе систем залпового огня «Град», «Смерч», «Ураган», десятков систем ракетных

комплексов, более 100 тыс. солдат и бойцов, вооруженных современным стрелковым оружием. Непосредственные наблюдения за ходом военного конфликта в Донбассе на протяжении полугода позволили систематизировать его последствия на природно-техногенную среду (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Последствия экоцида на природную и социально-урбанизированную среду в Донбассе**

Факторы воздействия	Последствия
1	2
<b>Физические</b>	Изменение структуры и механических свойств почв и грунтов, их влажности, влагоемкости, механическое загрязнение осколками боеприпасов и фрагментами разрушенных объектов, изменение рельефа и ландшафтов, эрозия, разрушение зданий и объектов инфраструктуры, изменение уровня грунтовых вод, ухудшение проточности и текучести поверхностных вод, их деградация и исчезновение либо заболачивание территорий, пирогенные воздействия
<b>Химические</b>	Изменение качества или газового состава атмосферы, изменение (ухудшение) химического состава грунтовых и поверхностных вод, их солевого состава и кислотности, загрязнение почв отравляющими и токсичными веществами
<b>Радиоактивные</b>	Увеличение радиационного фона вследствие использования специальных боеприпасов или разрушения хранилищ с радиоактивными отходами
<b>Экологические</b>	Изменение физико-химических показателей среды обитания, угнетение и уничтожение биоты, в том числе людей
<b>Антропогенные</b>	Уничтожение среды обитания, гибель людей (омницид)
<b>Материальные остатки военных действий – «эхо» войны</b>	Неразорвавшиеся мины, снаряды и другие боеприпасы, уничтоженная техника
<b>Гуманитарные</b>	Миграция населения, голод, эпидемии, массовые заболевания (стрессы, депрессии, психозы), насилие, радикализация общества, возникновение лагерей беженцев
<b>Социальные</b>	Общественная напряженность, нарушение хозяйственных механизмов и связей, изменение цен, дефицит товаров и услуг, ухудшение стандартов жизни (отсутствие света, тепла, воды, связи)
<b>Экономические</b>	Затраты на военные действия, на восстановительные работы и воссоздание природной окружающей среды

Качественно и количественно охарактеризуем отдельные последствия экоцида.

**Физические.** Наиболее значимыми объектами, уродующими ландшафты, являются земляные фортификационные сооружения в виде рвов, окопов, блиндажей. Окопы тянутся на десятки километров. Особое место в ряду сооружений занимает противотанковый защитный ров длиной 600км вдоль границы с РФ. Значительная протяженность и размеры рва (4х2м) создают серьезные экологические проблемы: затрудняют пути сообщения и естественной миграции животных, влияют на

грунтовые воды и провоцируют заболачивание местности. Суммарный объем извлеченного грунта превышает 5млн м<sup>3</sup>. В зависимости от местных ресурсов укрепления усилены дополнительными препятствиями (рис.1). Для строительства фортификационных сооружений использовано более 5тыс м<sup>3</sup> древесины путем вырубki малочисленных лесов степной зоны Донбасса.

Не менее важным является и механическое загрязнение почв обломками и фрагментами разрушенных сооружений и элементами строительных конструкций. «Металлический пресс» на почву оказывают

осколки боеприпасов и стреляные медные гильзы.

Во время боевых действий израсходованы десятки миллионов патронов (1 ж/д вагон вмещает 4 млн патронов). Один ракетный снаряд системы залпового огня «Град» или «Смерч» поражает площадь 500 - 1100 м<sup>2</sup> с образованием около 550000 осколков, а таких снарядов использовано десятки тысяч. Кроме этого, применялись сотни тысяч артиллерийских снарядов, ракет, мин, гранат и бомб с осколочным эффектом от 20 до 20000 штук.

Взрывное воздействие боеприпасов сопровождается высокой температурой и взрывной волной, что вызывает возгорание,

повреждение и разрушение растительного и древесно-кустарникового покрова. По нашим оценкам, от такого воздействия пострадало около 8000 га территории. Ударные воздействия боеприпасов вызывают заиливание и исчезновение родников, что приводит к пересыханию озер и водных протоков (рис. 2). В результате использования тяжелой артиллерии и минных подрывов разрушены десятки мостов (что не только осложнило передвижение и логистику, но и привело к нарушению естественного гидрологического режима рек), повреждено и закрыто 50% всех шахт и 4 металлургических завода.



Рис. 1. Противотанковый ров на границе с Российской Федерацией длиной 600 км

По данным Минрегиона (Киев), в Донецкой и Луганской областях повреждено или разрушено 217 объектов образования, 45 – здравоохранения, 51 – культурного и

спортивного назначения, 81 административное здание, 14 объектов торговли и 132 промышленных объекта на общую сумму 4 млрд 788 млн гривен. Без жилья осталось более

710 тыс. человек. В Донецкой области разрушено и повреждено около 4740 жилых домов, в Луганской области – более 2442. На восстановление объектов жилищного фонда, по предварительным оценкам специалистов министерства, потребуется около 1 млрд 750 млн грн. Для восстановления функционирования систем жизнеобеспечения населения (объектов тепло, водоснабжения и водоотведения) необходимо около 70 млн грн. Данные Мининфраструктуры (Киев) в Донецкой и Луганской областях свидетельствуют, что подверглись разрушениям 962 км автомобильных дорог

общего пользования (250,5 км – в Донецкой области и 711,5 км – в Луганской области) и 24 моста и путепроводы длиной более 2394 погонных метра. Ориентировочная потребность в средствах на выполнение восстановительных работ объектов дорожного хозяйства составляет около 2 млрд 153,4 млн грн, в том числе в Донецкой области – 755, 1 млн грн (483,9 млн грн – дороги государственного значения, 271,2 млн грн – дороги местного значения), Луганской области – 1 млрд 398,2 млн грн (892,138 млн грн – дороги государственного значения, 506,14 млн грн – дороги местного значения).



а



б



в



г



д



е

Рис. 2. Ландшафт в зоне боевых действий в Станично-Луганском районе Луганщины: (а) минометные воронки; (б) окопы; (в) сгоревший лес; (г) лесополоса после «Града»; (д) высохшее озеро; (е) после боя за аэропорт

По предварительным подсчетам, на восстановление 483 поврежденных объектов железнодорожной инфраструктуры (восстановление путей, ремонт контактной сети, устройств электроснабжения и т.д.) необходимо потратить около 880 млн грн. Для восстановления работы городского электрического транспорта в Донецкой и Луганской областях (зданий депо, тяговых подстанций, контактных сетей, троллейбусных машин) по предварительной оценке необходимо более 8,8 млн грн. В результате боевых действий полностью разрушена инфраструктура «Международного аэропорта Донецк им. С. Прокофьева» и «Международного аэропорта Луганск». В Луганской и Донецкой областях повреждено 18 объектов почтовой связи, в результате чего нанесен ущерб ориентировочно на сумму 7,7 млн грн (по данным «Укрпочты»). По информации Минэнергоугля (Киев), в результате боевых действий нанесены повреждения объектам инфраструктуры (здания, коммуникации) всех ТЭС Донбасской энергосистемы. Ориентировочная стоимость аварийно-восстановительных работ на поврежденных объектах электроэнергетики составляет 693 млн грн. Кроме того, в случае принятия решения о выполнении срочных мер по переводу потребителей региона на электрическое отопление стоимость таких работ дополнительно увеличится на 400-450 млн грн. По данным НАК «Нафтогаз Украины», повреждено почти 1000 распределительных газопроводов (767 – низкого, 158 – среднего и 54 – высокого давления), разрушено

(демонтирован) 1.4 км газопроводов, один Газонаполнительный пункт, восстановления требуют 53 газораспределительных пункта и около 200 шкафов газораспределительных пунктов газоснабжающих компаний, остановлена эксплуатация 5 АЗС и 4 АГНКС, похищено 60 единиц автотранспортной и специальной техники, 11 повреждено. По оценкам компании, для проведения аварийно-восстановительных работ объектов газоснабжения потребуется около 500 млн грн. Из 93 шахт региона, подчиненных Минэнергоуглю, 24 работают в нормальном режиме, 58 – в режиме жизнеобеспечения (вентиляция и водоотведение), 11 – полностью обесточены. Убытки, связанные с прекращением электроснабжения шахт, их затоплением, потерей имущества и оборудования, затоплением прилегающих территорий, а также загрязнением подземных вод и питьевой воды во всем угольном бассейне, сегодня точно оценить невозможно (рис. 3).

**Химические.** Опасно химическое загрязнение ландшафта, причем не только ядовитыми веществами, но и целым рядом тяжелых металлов, содержащихся в снарядах, минах и др. Дело в том, что **ограничения на использование определенных вредных веществ, действующие для гражданских объектов, обычно не распространяются на вооруженные силы.** К примеру, артиллерия и танки советского производства используют в гидравлических системах соединения РСВ, в баки самолетов во время боевых заданий добавляют в топливо вещества, разрушающие

озон. Кроме того, важны и последствия от использования собственно оружия: обыкновенные пули обычно состоят из свинца, пули, пробивающие танковую броню, содержат уран, взрывчатые вещества имеют в своем составе углерод и азот, а иногда и ртути. Необходимо учитывать загрязнение грунтов нефтепродуктами от техники, разрушенных емкостей с ГСМ и заражения почвы продуктами разложения из скотомогильников и захоронений. При разложении трупов образуются яды, которые с дождями или грунтовыми водами попадают в водоемы, отравляя их. Эти же яды губят и животных на месте захоронения. Они опасны тем, что их действие может начаться как сразу, так и через много лет после захоронения, и, к тому же, это действие может продолжаться довольно долго, в течении нескольких лет.

Загрязнение водоемов в период боевых действий идет наиболее активно за счет смыва с территории широкого спектра загрязнений, вскрытых взрывами из поверхностного слоя почвы, дополнительно механически измельченных. Нарушается природное самоочищение водоемов за счет деградации водных экосистем и повышенных концентраций неспецифических загрязнений.

В Енакиево в результате боевых действий затоплена шахта "Полтавская", возле неё затопливается "Углегорская". Рядом с ними находится шахта "Юнком", на которой в 1979 году был произведён ядерный взрыв. Сейчас

грязные шахтные воды поднимаются и через 3 – 4 месяца они вынесут радиоактивные вещества на поверхность, где уровень радиоактивного загрязнения будет превышать норму в 1000 раз. В Горловке находится шахта "Александр-Запад", в которую в 1989 году проникло 50 тонн грязного химического вещества моноклорбензола, которые соединились с другими вредными веществами под землей и получилась гремучая смесь. Тела шахтёров, попавших в то время в эту среду, просто растворились, как в кислоте. Тогда этот участок локализовали, а шахту закрыли. Но сейчас в результате боевых действий неконтролируемое затопление шахт вынесет эти вредные химические вещества на поверхность. Из-за этого будет отравлен слой земли, с грунтовой водой. Вода затопит подвалы, поля, асфальт и всё другое - это превратится в грязное болото. Кроме того будут отравлены реки Северский Донец и Дон, акватория Азовского моря, а также **территория России** [5].

Загрязнение атмосферы продуктами горения происходит в результате пожаров (рис. 4). При применении фосфорных боеприпасов или реактивных систем залпового огня происходит высвобождение опасных химических веществ, что на локальных участках приводит к повышению их концентраций в атмосфере до уровней, сравнимых с применением химических вооружений..



а



б



В



Г

Рис. 3. Разрушенные объекты  
(а, б) разрушенные мосты через р. Северский Донец и р. Лугань (в) разрушенный жилой дом в пос.Новосветловка; (г) разрушения в Станице Луганской



а)



б)



в)



г)

Рис.4. Пожары зданий (а, б) вследствие обстрелов и использования фосфорных боеприпасов (в, г)

Так, по данным экспертов организации «Экология – Право – Человек», выяснилось, что показатели содержания в воздухе отдельных веществ существенно превысили допустимые нормы концентрации. Исследование выполнено с использованием данных Автоматизированной системы мониторинга окружающей среды Луганской области. Во время обстрелов г. Счастье с третьей декады июля по третью декаду августа,

в воздухе значительно увеличилась концентрация оксидов серы, азота и углерода. При этом количество оксидов серы и азота значительно превысило пределы допустимой концентрации: 13 августа – в 5 раз, а 14 августа – в 8 раз. Превышение концентрации в воздухе оксидов серы, углерода и азота являются угрозой для здоровья населения и зеленых насаждений, окружающих город (рис.5).

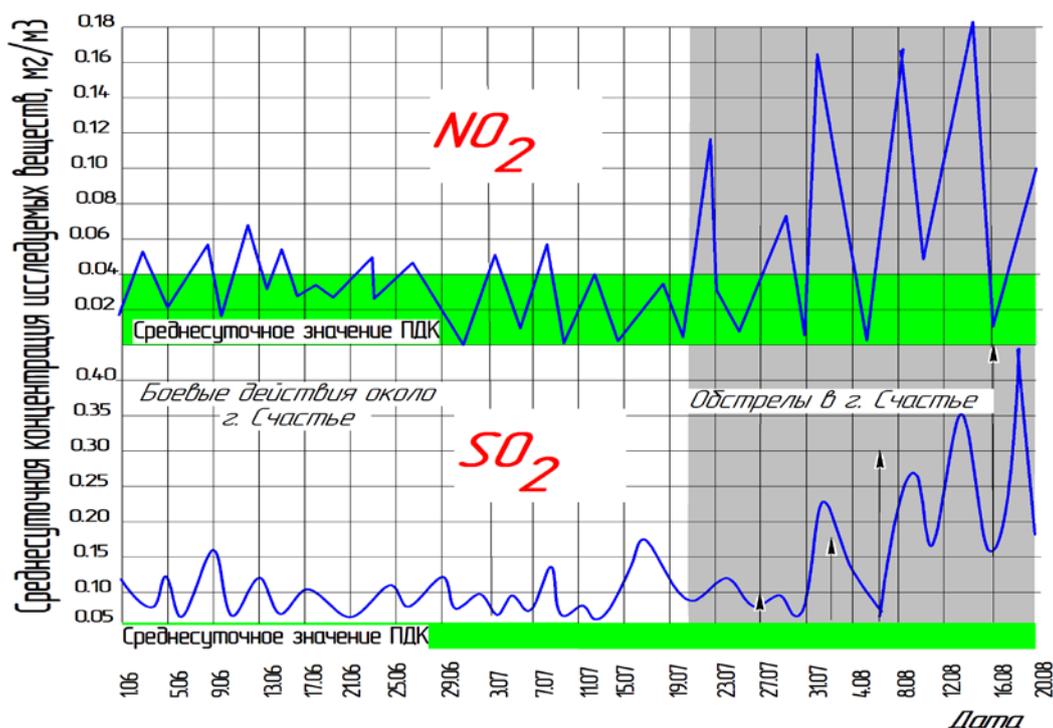


Рис. 5. График изменения ПДК двуокиси азота и серы в зоне боевых действий

**Радиоактивные.** Наличие на Донбассе большого количества хранилищ радиоактивных отходов малой и средней активности (общей площадью 450га, Константиновский полигон, ряд заброшенных шахтных выработок и пр.) являются опасным фактором при ведении боевых действий. Разгерметизация некоторых радиоактивных могильников привела к увеличению концентрации радионуклидов в природных водах в 10-100 раз по сравнению с фоном [5].

**Экологические.** Поражающие факторы военных действий: ударные взрывные волны, осколочно-пулевые поражения, пожары,

отравления являются причиной массовой гибели животного мира ареала боевых действий (рис. 6). К экологическим последствиям военных действий кроме разрушения среды обитания относится также вред, причиняемый здоровью людей вследствие контакта с опасными веществами, как например, вдыхания газов, выбрасываемых горящими боеприпасами, зданиями, продукцией химических производств и складов, влияния пылевого и аэрозольного загрязнения и употребления отравленной воды и пищи.

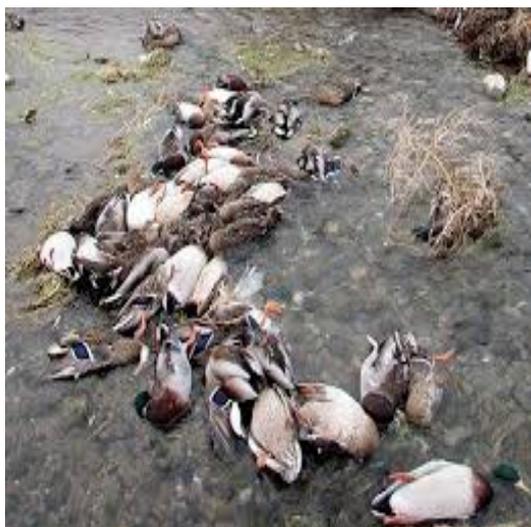


Рис. 6. Гибель животных в результате воздействия взрывной ударной волны и осколочного поражения в районе боевых действий

*Антропогенные (омницид).* По данным ООН на конец 2015 года жертвы военного конфликта в Донбассе [9], (рис.7):

- погибло более 9 000 мирных жителей;
- ранено свыше 20 тысяч мирных жителей;
- погибло и пропавших без вести около 50 000 участников боевых действий;
- раненных более 50 000 человек;
- более 1 000 000 беженцев.

Особо необходимо рассмотреть этот фактор с позиции **сознательного** уничтожения природы и инфраструктуры человеком. История свидетельствует о том, что еще римские войска уничтожали целые леса на завоеванных территориях, после разгрома Карфагена те же римляне засыпали солью все плодородные

земли в его окрестностях, сделав их непригодными для земледелия, греки и татары при ведении войн травили источники питьевой воды, забивая их падалью, американцы во время войны во Вьетнаме с помощью «эйдженторандж» уничтожали джунгли и посевные площади (400 тыс. га) [5].



Рис.7. Омницид. Жертвы и погосты войны

На Донбассе,наверное, впервые была использована тактика сознательного создания техногенной и экологической катастроф, суть которой заключалась в разрушении объектов жизнеобеспечения.

Донбасс крайне беден на природные водные ресурсы. Северский Донец – самая крупная река левобережной Украины, которая берет начало и впадает в Дон на территории России, а в среднем своем течении пересекает Харьковскую, Донецкую и Луганскую области. Снабжение водой наиболее промышленно

развитого юго-востока Украины с населением около 4млн. человек осуществляется каналом Северский Донец-Донбасс. Общая длина канала 131,6 км, из них – 101 км открытого русла, остальные – дюкеры и напорные трубопроводы диаметром 2,3м, выполненных в виде трех водоводов. Ширина открытых русел 20-30 м, глубина 3-4 м. Склоны облицованы бетоном и щебнем. На водораздел вода поднимается четырьмя насосными станциями. Мощность канала 43 м<sup>3</sup>/с -3,6млн. м<sup>3</sup>/сут. (рис. 8, 9) [7, 8].

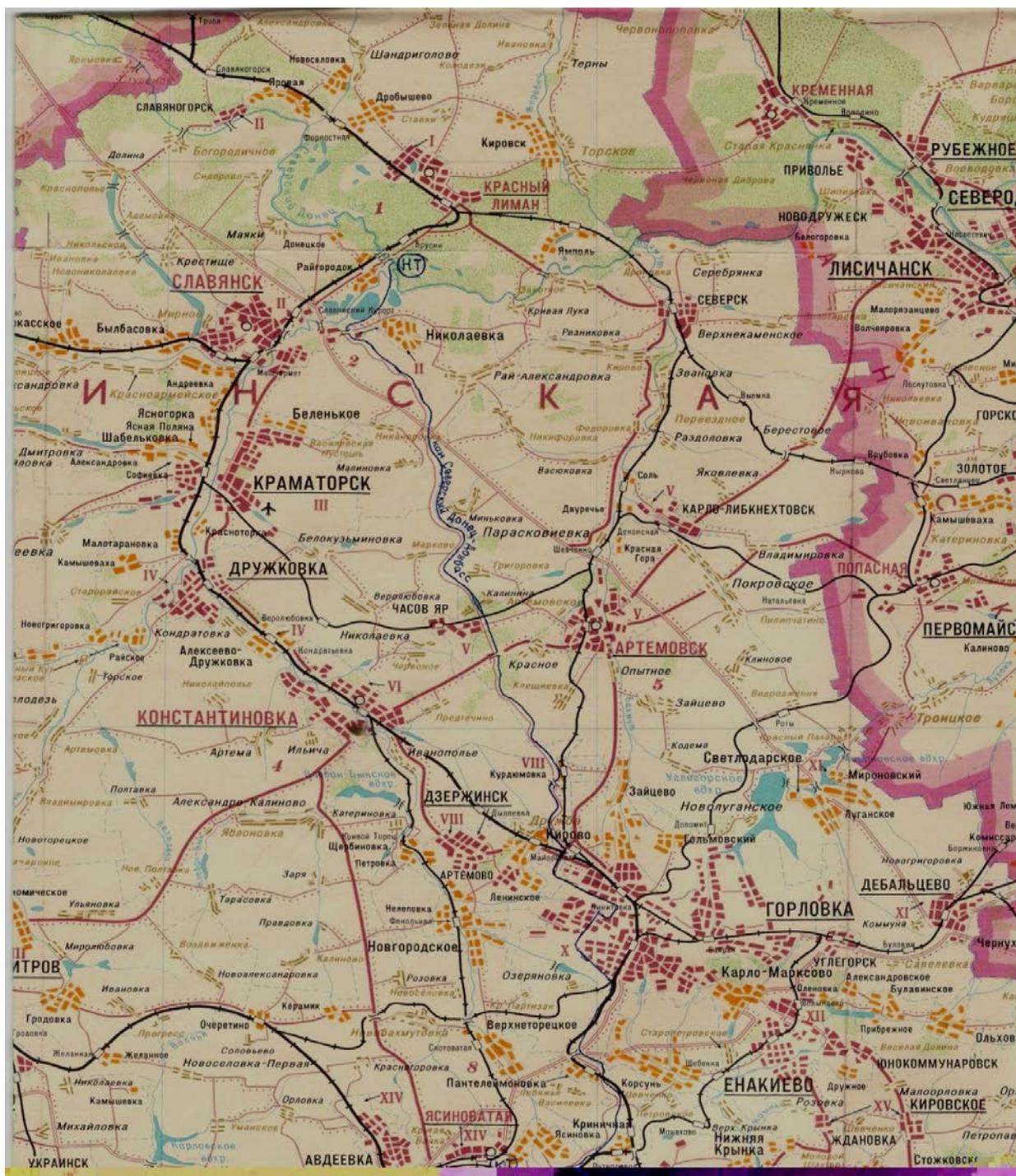


Рис. 8. Трасса канала Северский Донец – Донбасс



Рис. 9. Элементы канала Северский Донец – Донбасс:  
 а, б) наземные водоводы и открытое русло канала в нормальном эксплуатационном состоянии;  
 (в, е) – повреждения водоводов, здания насосной станции (д) и  
 обезвоживание русла канала в результате военных действий (г)

Такой большой объем имеет свой потребительский "лимит", обусловленный расходом воды на промышленных предприятиях почти 20 крупных городов Донбасса. Забор свежей воды из Северского Донца составляет более 2500млн. м<sup>3</sup> в год, сброс возвратных вод около 2444 млн м<sup>3</sup> в год, из которых загрязненных – 1045 млн м<sup>3</sup> в год. Использование воды осуществляется в промышленности, сельском хозяйстве, коммунальном хозяйстве (рис.10).

При этом для Донецкой области канал является практически единственным

источником водоснабжения, зависимость же Луганщины от канала составляет всего 20%. Преднамеренное разрушение военными действиями системы электроснабжения, насосных станций и водоводов привело к прекращению подачи воды на Донетчину при летней температуре 35-40°С на 1,5 месяца.

«Жажда» обусловила гуманитарную катастрофу региона, прекращение работы промышленных предприятий, гибель животных, угнетение сельскохозяйственного производства, и как следствие снижение урожая, например, в Луганской области:

пшеницы с 1,05 млн. т в 2013 году до 0,12 млн т в 2014 году, подсолнечника соответственно с 415 тыс. т до 150 тыс. т.

**Материальные остатки военных действий.** Считается, что до 10% боеприпасов не взрываются на поле боя. Они могут детонировать через месяц или через десятки лет, поэтому бывшие районы ведения военных действий представляют собой как бы «мину замедленного действия». В 2015 обезврежено более 16 тысяч боеприпасов и освобождено от

мин 10000га территории.. По оценке Киева на полное разминирование Донбасса потребуются 15 лет и более миллиарда долларов. Не украшают послевоенный ландшафт и руины зданий, воронки от бомб и снарядов, колючая проволока, поврежденная военная техника, железобетонные блокпосты, доты, дзоты, многочисленные рвы, окопы, осколки снарядов (рис. 11).

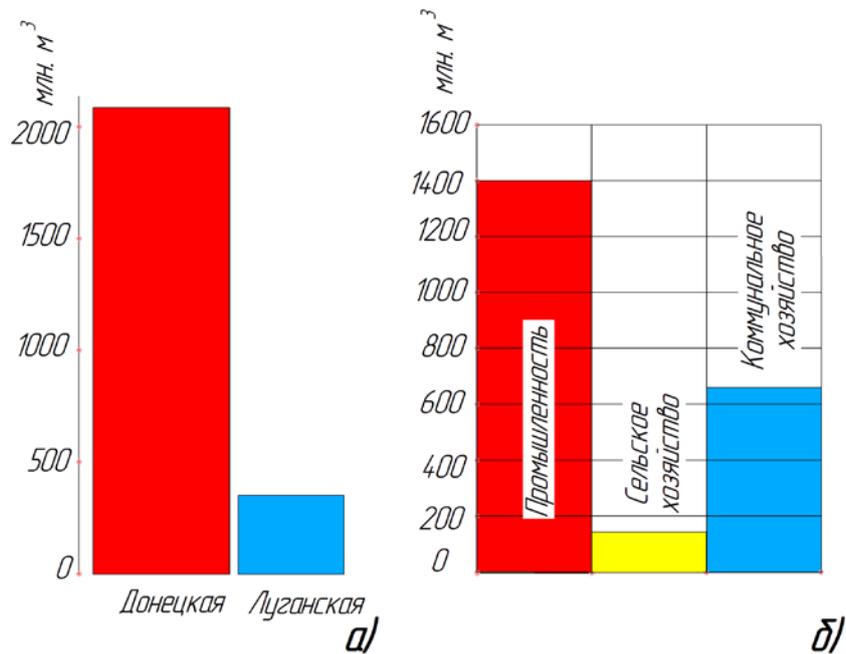


Рис. 10 Диаграммы использования воды в зоне деятельности канала (а) основными отраслями экономики (б)





Рис. 11. Материальные «остатки» войны

**Гуманитарные и социальные.** Четко просматривается три этапа этих взаимно связанных воздействий. На первой стадии военных действий общество охватывает чувство страха и опасности, что приводит к панике и массовой миграции населения со всеми присущими им проблемами (рис.12). Вторая стадия – активные боевые действия. Чувство опасности притупляется, изменяется общественная мораль в ту или иную сторону, идет приспособление к новым экстремальным условиям существования, сопровождающееся различными психоневрологическими заболеваниями.

Третий этап – завершение боевых действий. Характеризуется выходом из стрессовой ситуации: возвращение беженцев, начало нормализации и стабилизации социально гуманитарной сферы.

**Экономические.** Последствия экоцида на Донбассе довольно сложно оценить в денежном эквиваленте. По данным украинского правительства 1 месяц войны обошелся

налогоплательщикам в 1,2 млрд. долларов (за 6 месяцев - 7,2 млрд.), восстановление разрушенных городов и инфраструктуры оценивается в 8-10 млрд. долларов, потери в сельскохозяйственном секторе превышают 2 млрд.долларов, в промышленности –7,5млрд., экологический ущерб во всех сферах еще предстоит оценить. Утраченные человеческие жизни вообще бесценны.

**Прогноз последствий экоцида.** «Эффект» от вооруженного конфликта на Донбассе в активной фазе составлял примерно 30 млрд. долларов. Его продолжение еще более обострит ситуацию и последствия. Высока вероятность увеличения миграции людей, голода и гибели населения в регионе. Дождевые и талые воды будут смывать все виды антропогенных загрязнений в Северский Донец, который по Дону понесет их в Азовское море. Таким образом, последствия регионального военного конфликта станут и достоянием России в экономической, гуманитарной и экологической сферах.



Рис. 12. Беженцы и лагеря для беженцев

### Выводы

1. Война на Донбассе – это чрезвычайная ситуация, спровоцировавшая нарушение экологической и техногенной безопасности регионального уровня с трансграничными последствиями.

2. Комплексные последствия экоцида (деградация природной окружающей среды, разрушение хозяйственных комплексов, систем жизнеобеспечения, жилья, миграция и гибель населения) свидетельствуют о наступившей техногенно-гуманитарной катастрофе и высокой вероятности экологической.

3. Экоцид окажет на развитие республик тормозящее действие: необходимо изыскивать ресурсы на социальное и экономическое развитие; прервать текущие программы развития с целью перевода ресурсов из долгосрочных программ на программы по ликвидации последствий ЧС и осуществление программ реконструкции и восстановления региона; ухудшилась инвестиционная картина, возможен рост безработицы среди населения и

спад рыночного спроса в регионе, что приведет к стагнации экономики; скажется негативное влияние на частный сектор экономики, который понесет при этом как прямые, так и косвенные убытки.

4. Для преодоления последствий экоцида на Донбассе необходимо разработать специальную программу возрождения региона и ее реализацию осуществлять с привлечением общественных и интеллектуальных ресурсов.

### Л и т е р а т у р а

1. Алпенидзе М.Д. География неустойчивого развития: военные конфликты и их экологические последствия (<http://konescveta.ucoz.ru/publ/7-1-0-12>).

2. Вода для жизни. Северско-Донецкое бассейновое управление водных ресурсов. Электронный ресурс (<http://www.sdbuvr.stav.dn.ua>).

3. Высоцкий С.П., Грабарь Е.В., Сирик А.Г. Надежность водоснабжения Донбасса в условиях реконструкции канала «Северский Донец – Донбасс» // Вестник Донбасской государственной

академии строительства и архитектуры: Сборник научных трудов. Вып. 2004 – 4(46). – Инженерные системы и техногенная безопасность. – Макеевка, 2004. – С. 78 – 81.

4. Доронин А.П., Шестопапов А.В., Канарский И.Д. Экологические проблемы вооруженной борьбы //Военная мысль. -2002. №3.

5. Зонн С.В., Зонн И.С. Экологические последствия военных операций в Чечне //«Энергия» 2002.

6. Кондратьев К.Я., Донченко В.К., Лосев К.С., Фролов А. К. Экология – экономика – политика, - СПб.:ИЦ РАН,2004. – 827стр.

7. Электронный ресурс ([http://rubezhnoe.org/publ/rubezhnoe\\_novosti/1-1-0914](http://rubezhnoe.org/publ/rubezhnoe_novosti/1-1-0914)).

8. Электронный ресурс - горловский портал – (<http://www.0624.com.ua>).

9. Электронный ресурс (<http://vz.ru/news/2016/1/29/791353.html>).

#### **Дрозд Г.Я., Салуквадзе И.М., Хвортва М.Ю. Екоцид в Донбасі**

*У статті, заснованій на реальних подіях і спостереженнях в Донбасі показано, що надзвичайні ситуації військового характеру є механізмом руйнування навколишнього і соціально-урбанізованого середовища. Виконана систематизація екологічних наслідків екоцида з їх характеристикою і оцінкою. Зроблені висновки про те, що військові дії провокують порушення екогенної, гуманітарної і техногенної безпеки і є причиною виникнення екологічної катастрофи.*

**Ключові слова:** війна, екологія, екоцид, гуманітарна, техногенна, екологічна катастрофа

#### **G.Ya. Drozd, I.N. Salukvadze, M.Yu. Khvortova Ecocide is in Donbasse**

*In the article, based on the real events and supervisions it is shown in Donbasse, that extraordinary situations of military character are the mechanism of destruction of surrounding and socially-urbanized environment. Systematization of ecological consequences of ecocide is executed with their description and estimation. Conclusions are done that military operations provoke violation of ecogenic, to humanitarian and technogenicsafety and are reason of origin of ecological catastrophe.*

**Keywords:** war, ecology, ecocide, humanitarian, technogenic, ecological catastrophe.

**Дрозд Геннадий Яковлевич**, д.т.н., профессор, Профессор, ГОУ ВПО ЛНР «Институт строительства, архитектуры и ЖКХ Луганского университета им. Владимира Даля».

**Салуквадзе Ирина Николаевна**, кандидат экономического наук, доцент. Доцент кафедры «общеобразовательных дисциплин» Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства.

**Хвортва Марина Юрьевна**, к.т.н., доцент, доцент, ГОУ ВПО ЛНР «Институт строительства, архитектуры и ЖКХ Луганского университета им. В. Даля».

УДК 628.47

## ПРЕДПРИЯТИЯ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА: РИСКИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю.

### ENTERPRISES OF PLUMBING - SEWAGE ECONOMY: RISK OF IN PRODUCTIVE ACTIVITY

Drozd G.Y., Khvortova of M.Y.

*Предложена классификация канализационных коллекторов по степени их потенциальной аварийности. Предложен дифференцированный подход к определению надежности канализационных коллекторов в зависимости от степени их аварийности, условий эксплуатации и конструктивных особенностей. Разработан алгоритм расчета вероятности безотказной работы канализационных трубопроводов с учетом имеющихся дефектов и условий эксплуатации.*

**Ключевые слова:** трубопроводы, коллекторы, дефект, надежность, эксплуатация.

Предприятия водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) относятся к объектам с высокой степенью риска по отношению к окружающей природной среде [1]. Степень риска этих предприятий определяет ответственность за жизнеобеспечение населенных пунктов и обусловлена наличием объектов с повышенной экологической опасностью.

Критериями оценки степени риска ВКХ и, соответственно, контроля являются:

- техническое состояние систем;
- техническое обслуживание и ремонт объектов;
- потенциальная техногенная и экологическая безопасность объектов повышенной опасности;
- состояние экологической ситуации и др. [2].

В соответствии с [2] в системе водоотведения к потенциально опасным или объектам с повышенной опасностью относятся: канализационные сети, коллекторы, насосные

станции и очистные сооружения, связанные единым технологическим процессом.

Данные объекты по источнику опасности относятся к аварийным (класс техногенных аварий и катастроф) [3].

Аварийная ситуация характеризуется двумя понятиями – величиной риска и риском последствий. Величина риска аварии ( $r$ ) показывает, во сколько раз фактический риск аварии выше проектного значения риска, вносимого в объект при проектировании, и является интегральным показателем технического состояния объекта [4]:

$$r = P_{\Phi} / P_T = 1/v, \quad (1)$$

где  $P_{\Phi}$  и  $P_T$  – фактическая и теоретическая вероятность аварии;  $v$  – уровень конструкционной надежности элемента (объекта).

Таким образом, величина риска аварии обратно пропорциональна надежности объекта, которая в свою очередь зависит от многообразия проектных, строительных и эксплуатационных факторов.

Надежность сооружения формируется с момента проектирования до момента завершения эксплуатации.

Процесс эксплуатации объекта можно представить в виде последовательных временных интервалов (рис. 1), где функционирование объекта в полном объеме сменяется временными перерывами в выполнении своих функций.

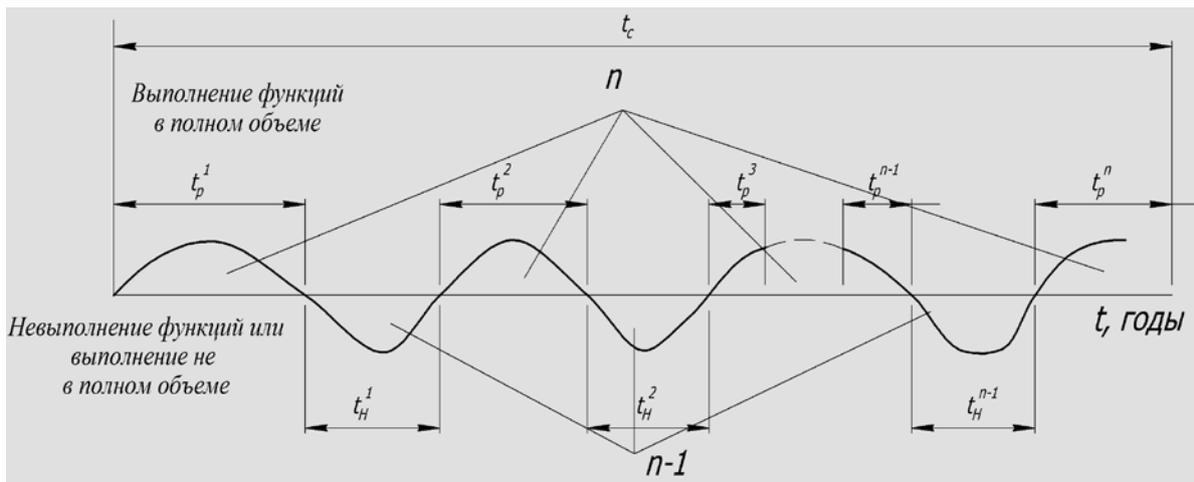


Рис. 1. Процесс эксплуатации объекта

За весь рассматриваемый период эксплуатации  $t_c$  часть времени  $\sum_{i=1}^n t_p^i$  объект полностью выполняет свои функции, а часть времени

$$\sum_{i=1}^{n-1} t_H^i = t_c - \sum_{i=1}^n t_p^i$$

функционирование объекта в полном объеме не происходит. Из определения надежности можно получить формулу для комплексной количественной оценки надежности объекта:

$$K_{\Gamma} = \frac{\sum_{i=1}^n t_p^i}{t_c}. \tag{2}$$

$K_{\Gamma}$  называется коэффициентом готовности объекта, который показывает долю времени выполнения объектом своих функций в полном объеме за весь расчетный период эксплуатации [5].

Риск последствий, так называемую «тяжесть последствий», можно свести к производственному и экологическому ущербу в виде суммарного риска, выраженного в денежной форме:

$$R = P \cdot (T_1 + T_2), \tag{3}$$

где  $P$  - вероятность аварии,  $T_1$  - затраты на восстановление,  $T_2$  - экологический ущерб от аварии.

Последствия аварий могут быть масштабными – протяженными во времени и распространенными по площади.

Для оценки аварийных ситуаций и принятия соответствующих управленческих решений необходимо опираться на надежную информационную базу, что позволит минимизировать риск аварий и повысить безопасность эксплуатации канализационных систем.

В качестве такой информационной базы могут служить результаты мониторинга производственных предприятий ВКХ 30 городов Украины [6]. В системах канализации дефектные элементы располагаются в ряд: трубопроводы - 58%; колодцы (камеры) - 15%; очистные сооружения – 6%; насосные станции – 5%; эстакады – 3%; дюкеры, выпуски - 1% (рис. 2).

Как следует из результатов обследований, наиболее проблемной частью канализационных систем являются трубопроводы.

Характеристика трубопроводов канализации страны приведена на рис. 3.

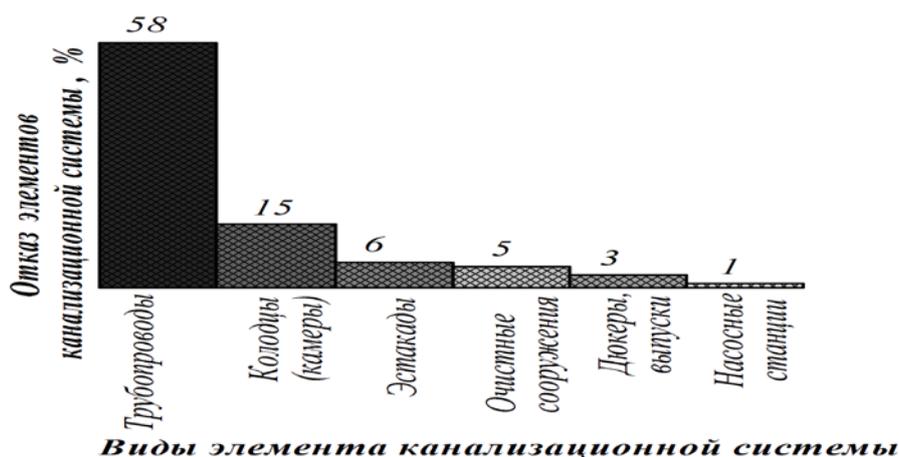


Рис. 2. Распределение дефектов в системе канализации

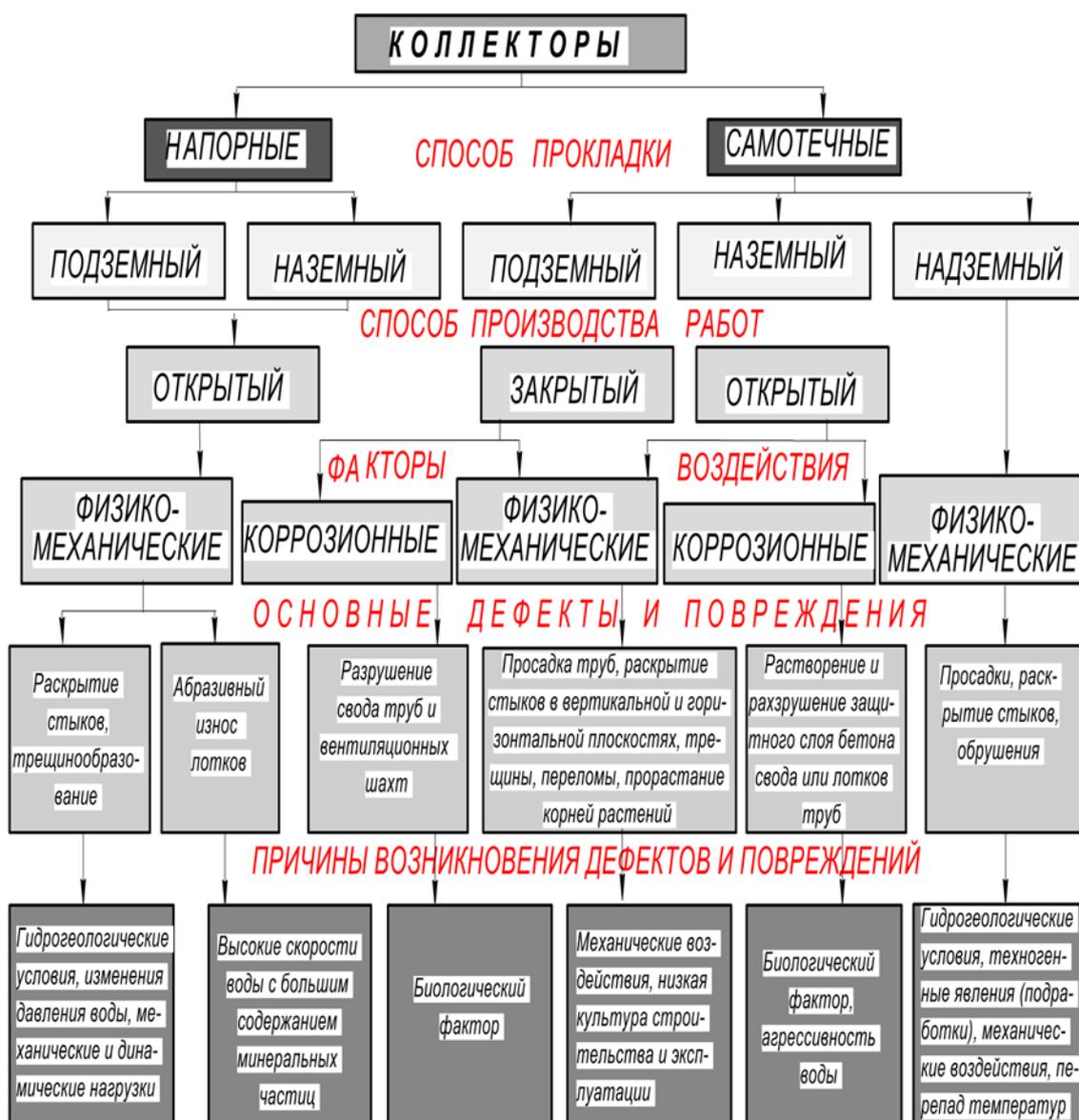


Рис. 3. Классификация канализационных коллекторов и причин их повреждений

Трубопроводы канализации выполнены из стали (4,8%), чугуна (20%), асбестоцемента (8,6%), керамики (38,3%), бетона (10,5%) и железобетона (17,7%) [6]. Частота выхода из

строя канализационных сетей - нарушение их герметичности - различна для каждого вида материала труб и обратно пропорциональна диаметру труб (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

**Интенсивность выхода из строя канализационных трубопроводов из различных материалов**

Материал труб	Диаметр, мм	Интенсивность отказов, $\lambda$ , 1/км·год
Сталь	200	3.05
	300	1.79
	400	1.78
	500	1.41
	600	0.76
	1000	0.03
Чугун	150	3.95
	200	1.53
	400	1.22
	500	1.1
	800	0.07
Асбестоцемент	150	1.87
	300	1.29
	400	1.1
	500	1.09
Керамика	200	1.0
	400	0.94
	500	0.06
	600	0.05
Бетон	400	0.19
	600	0.1
	1000	0.05
Железобетон	600	0.12
	800	0.10
	1000	0.09
	1600	0.06
	2000	0.05
	3600	0.006

Обобщая информацию мониторинга [6], можно однозначно говорить о низкой надежности канализационных сетей в масштабе страны, что является причиной высокой степени риска аварий в системе и, в целом, для всего водопроводно-канализационного хозяйства. Высокую степень риска и низкую надежность, с одной стороны, можно объяснить физическим износом сетей. Исходя из норм амортизационных отчислений для различного вида труб: керамика – 3,2 %, бетон и железобетон – 3,6 %, асбестоцемент – 4,8 % и т.д., трубопроводы канализации, построенные еще в 60-70 годах прошлого века, давно отработали свой ресурс и требуют обновления.

С другой стороны, имеет место влияние просчетов и ошибок на стадиях проектирования, технологии производства материалов и конструкций, строительства и эксплуатации сооружений.

При обновлении канализационных сетей (потребуется, по нашим подсчетам более 10 млрд евро) необходимо учесть полувековой опыт их строительства и эксплуатации для создания нового поколения надежных и долговечных сооружений [4, 5].

Эффективным решением проблемы безопасной эксплуатации канализационных систем и минимизации риска аварий и повреждений является предварительная оценка

их надежности на стадии проектирования, строительства и эксплуатации.

Как было отмечено ранее [5], основными факторами, обуславливающими повреждение конструкций трубопроводов, являются внешние воздействия (различного вида нагрузки, просадки и неоднородность грунтов основания), внутренние механические и коррозионные воздействия (абразивный износ, техногенное загрязнение грунта, эксплуатационная среда), ошибки при проектировании, изготовлении конструкций, строительстве, эксплуатации и

превышение сроков нормативного периода эксплуатации.

Целью исследования является разработка классификации канализационных коллекторов по степени их надежности и аварийности и обоснование методики расчета вероятности безотказной работы трубопроводов.

Для дифференциации к подходу долговечности и надежности в табл. 2 предлагается выполнить классификацию канализационных коллекторов по степени их потенциальной аварийности.

Т а б л и ц а 2

### Классификация канализационных коллекторов по степени потенциальной аварийности

Классы		I класс	II класс	III класс
Характеристика		Высокая вероятность биологического фактора коррозии (образования биологически активной среды), масштабные последствия аварии	Повреждения и аварии вследствие физико-механического влияния на отдельных участках	Случайные механические и коррозионные повреждения на отдельных участках
Признаки	Конструктивные А	В начале коллектора размещен напорный трубопровод; самотечный коллектор имеет перепады или быстротоки	Наличие наземных или надземных участков трубопровода; наличие преград (реки, дороги, другие трубопроводы)	Обычная конструкция и условия по длине трубопровода
	Условия Б	Стоки с органическими веществами при ХПК $\geq 350$ мг/л или сульфиды $\geq 1$ мг/л	На отдельных участках техногенное влияние (подработки, ударные или вибрационные нагрузки, слабые грунты)	Наличие на трассе коллектора агрессивных грунтов или блуждающего тока
Категория		I – признаки А и Б I – только А I – только Б	II – признаки А и Б II – только А II – только Б	III – признаки А и Б III – только А III – только Б

Согласно приведенной классификации коллекторы, в которых возможно образование сероводородной газовой среды, что является причиной малых сроков безаварийной эксплуатации вследствие коррозии и значительных техногенных последствий в результате аварий, относятся к I классу аварийности. К категории Ia относятся сооружения, эксплуатирующиеся в агрессивной среде (биологический фактор), в которых конструктивные особенности способствуют снижению долговечности и, как следствие, повышению риска аварий.

Для конструкций, отнесенных к категории Ia, Ib, на стадиях проектирования и строительства должны быть предусмотрены мероприятия, снижающие влияние агрессивной среды

эксплуатации (конструктивные решения, антикоррозионная защита или мероприятия, снижающие степень агрессивности эксплуатационной среды).

К классу II отнесены все виды трубопроводов, потенциально подверженные физико-механическому влиянию на отдельных участках. Для обеспечения безаварийной работы сооружений, отнесенных ко II классу, следует предусмотреть повышенные требования к конструкциям, выполненным из традиционных материалов, и качественной подготовки основания.

К III классу отнесены все виды трубопроводов, потенциально поддающихся случайным механическим влияниям или внешней коррозии. При проектировании сооружений,

отнесенных к III классу, возможно использование традиционных материалов и технологий.

На рис. 4 приведены характерные повреждения трубопроводов, отнесенных в

соответствии с предлагаемой классификацией к различным классам аварийности. Некоторые виды повреждений, связанных с производственными дефектами, приведены на рис. 5.



Рис. 4. Повреждения, характерные для I (а), II (б) и III (в) классов аварийности



Рис. 5. – Виды производственных дефектов  
 а) заводской брак; б) монтажный брак; в) монтажные механические повреждения; г) строительная небрежность (совмещение осей трасс ЛЭП и трубопровода)

Упреждение аварийных ситуаций затрудняется из-за отсутствия информации об уровнях надежности участков системы трубопроводов, вызванных:

- отказами от внешних воздействий;
- отказами от производственных дефектов;
- отказами физического износа.

Основой для определения надежности систем трубопровода являются проектные материалы, срок эксплуатации, материалы обследований, данные о техногенных процессах, материал и диаметр труб, толщина стенок, глубина заложения трубопровода, геологические условия, уклоны, скорости транспортирования жидкостей, наличие агрессивных сред, абразивных компонентов.

Расчет вероятности безотказной работы участка трубопровода  $P(t)$  выполняется по формуле (4)

$$P(t) = P_T(t) + P_c(t), \quad (4)$$

где  $P_T(t)$  – вероятность безотказной работы трубопроводов при учете только техногенных воздействий,  $P_c(t)$  – вероятность безотказной работы трубопроводов при учете только физического износа в период эксплуатации.

Отказы, вызванные техногенными воздействиями, не зависят от предыдущей безотказной работы системы и не связаны с физическим износом. Вероятность безотказной работы в этом случае описывается экспоненциальным законом

$$P_T(t) = e^{-\lambda t}, \quad (5)$$

где  $\lambda$  – интенсивность отказов,  $t$  – время работы системы.

Число отказов, вызванных физическим износом трубопроводов в процессе эксплуатации, связано с предыдущими периодами работы трубопроводов и с течением времени растет. Подобные отказы описываются двухпараметрическим законом нормального распределения вероятностей (законом Гаусса).

$$P_c(t) = F_0\left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n}\right) \text{ при } \left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n}\right) > 0, \quad (6)$$

$$P_c(t) = 1 - F_0\left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n}\right)$$

$$\text{при } \left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n}\right) < 0, \quad (7)$$

где  $\alpha_n, \sigma_n$  – проектные значения параметров нормального распределения,  $F_0\left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n}\right)$  – табулированная функция нормального распределения.

Отказы трубопроводов от производственных дефектов имеют обратную направленность относительно отказов старения – от максимального количества отказов при пуске трубопроводов к постепенному уменьшению их до нуля.

Схематически поток отказов трубопроводов приведен на рис. 6.

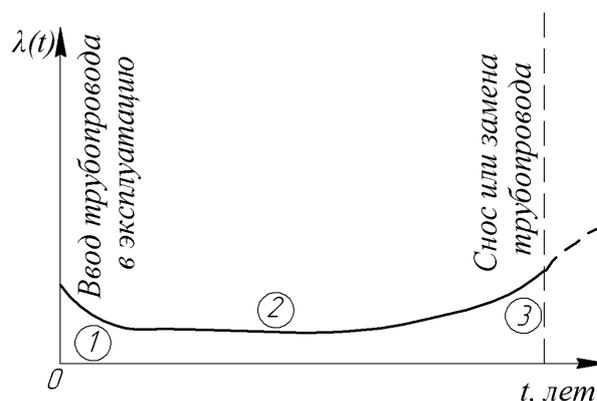


Рис. 6. – Суммарный поток отказов трубопроводов:  
1 – отказы от дефектов изготовления;  
2 – отказы от внешних воздействий;  
3 – отказы от физического износа

Значения интенсивности отказов железобетонных канализационных трубопроводов различных диаметров (по результатам обследований) приведены в табл. 1.

На основе обработки данных обследований работы железобетонных трубопроводов диаметром 600 мм с использованием зависимостей (5-7) построены графики вероятности безотказной работы железобетонного трубопровода диаметром 600 мм в зависимости от физического износа (старения), техногенных (внешних) воздействий и производственных дефектов (рис. 7, а). Интегральный график вероятности безотказной работы железобетонного трубопровода приведен на рис. 7, б.

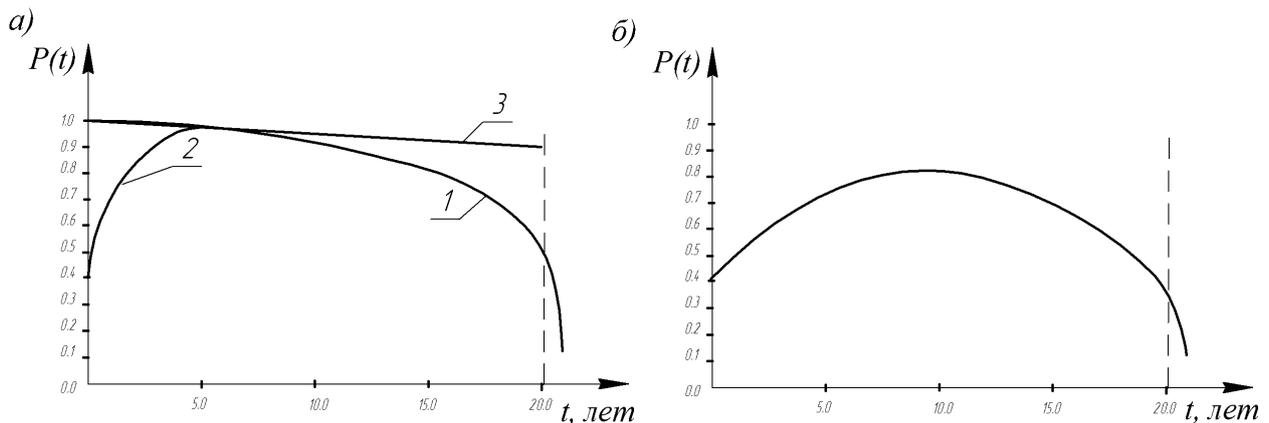


Рис. 7. Графики вероятностей безотказной работы железобетонного трубопровода: 1 – в зависимости от физического износа (старения); 2- от производственных дефектов; 3 – от внешних воздействий

### Выводы

1. Риски производственной деятельности предприятий ВКХ в сфере водоотведения обусловлены степенью надежностью всех элементов системы канализации, однако наиболее проблемной является канализационная сеть. Фактическая надежность элементов трубопроводной сети ниже теоретической за счет сложности учета массива отрицательных факторов на этапе проектирования, строительства и эксплуатации сооружений.

2. С целью снижения производственного и экологического рисков и принятия соответствующих инженерных и управленческих решений предложена классификация канализационных коллекторов по степени их потенциальной аварийности.

3. Предложен дифференцированный подход к определению надежности канализационных коллекторов в зависимости от степени их аварийности, условий эксплуатации и конструктивных особенностей.

4. Разработанный алгоритм расчета вероятности безотказной работы канализационных трубопроводов с учетом имеющихся дефектов и условий эксплуатации позволяет определить время безаварийной работы сооружений при наличии соответствующей информационной базы.

### Л и т е р а т у р а

1.Постанова КМ України від 19.03.2008 р. № 212.–Київ. Про затвердження критеріїв розподілу суб’єктів господарювання за ступенем ризику їх

господарської діяльності для навколишнього природного середовища та періодичності здійснення заходів державного контролю

2.Постанова КМ України від 14.01.2009 р. № 16–Київ. Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності у сфері питного водопостачання і водовідведення та визначається періодичність здійснення планових заходів державного контролю.

3. Дрозд Г.Я. О техническом состоянии канализационных сетей Украины / Г.Я. Дрозд, М.Ю. Хвортова // Водопостачання та водовідведення. – 2012. - №1. – С. 34-40.

4. Дрозд Г.Я. Коррозионное разрушение бетонных канализационных коллекторов// Водопостачання та водовідведення. – 2012. - №1. – С. 35-44.

5.Дрозд Г.Я. Прогнозирование степени агрессивности эксплуатационной среды канализационных коллекторов// Водопостачання та водовідведення. – 2012. - №5. – С. 15-19.

### Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. Підприємства водопровідно-каналізаційного господарства: ризику у виробничій діяльності

*Запропоновано класифікацію каналізаційних колекторів за ступенем їх потенційної аварійності. Запропоновано диференційований підхід до визначення надійності каналізаційних колекторів залежно від ступеня їх аварійності, умов експлуатації і конструктивних особливостей. Розроблено алгоритм розрахунку вірогідності безвідмовної роботи каналізаційних трубопроводів з урахуванням наявних дефектів і умов експлуатації.*

**Ключові слова:** трубопроводи, колектори, дефект, надійність, експлуатація.

**Drozd G.Y., Khvortova of M.Y. Enterprises of plumbing - sewage economy: risk of in productive activity**

*Classification of sewage collectors is offered on the degree of their potential accident rate. The differentiated going is offered near determination of reliability of sewage collectors depending on the degree of their accident rate, external and structural features environments. The algorithm of calculation of probability of faultless work of sewage pipelines is worked out taking into account present defects and external environments.*

**Keywords:** pipelines, collectors, defect, reliability, exploitation.

**Дрозд Геннадий Яковлевич**, д.т.н., профессор, Профессор, ГОУ ВПО ЛНР «Институт строительства, архитектуры и ЖКХ Луганского университета им. Владимира Даля»

**Хвортова Марина Юрьевна**, к.т.н., доцент, доцент, ГОУ ВПО ЛНР «Институт строительства, архитектуры и ЖКХ Луганского университета им. В. Даля».

УДК 628.2

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ «ВОДОКАНАЛОМ» ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Дрозд Г.Я

## TECHNOLOGICAL CHART AND EQUIPMENT IS FOR UTILIZATION OF PRECIPITATIONS OF FLOW WATERS A « WATER CHANNEL»

G.Ya.Drozd

*Предложены технологическая схема и оборудование, позволяющие утилизировать отходы канализационных станций предприятиями Водоканала с последующим их вовлечением в хозяйственный оборот.*

**Ключевые слова:** водоканал, осадок сточных вод, утилизация, технология.

**Актуальность проблемы.** Отходы очистки канализационных стоков – осадки сточных вод (ОСВ) создают проблему их складирования и переработки. В отличие от традиционных методов снижения объема осадков за счет их обезвоживания и сушки либо полной ликвидации (сжигание) предложены технологии их вовлечения в сферу дорожного строительства в качестве компонентов при производстве асфальтобетонов [6].

**Анализ последних исследований.** В работах [1-6] показано, что сложный химический состав ОСВ – наличие минеральной части (в основном алюмосиликаты), органической составляющей (трудноразлагаемая органика, лигнино-гумусовый комплекс) и токсичного компонента

(тяжелые металлы)- позволяет использовать данный отход в качестве органо-минерального порошка вместо традиционного минерального порошка в асфальтобетонных смесях. Апробация асфальтобетонов на основе ОСВ на ряде объектов Луганщины [5,6] показала их высокую техническую, экологическую и экономическую эффективность.

Развивая тему эффективности вовлечения ОСВ в хозяйственный оборот, необходимо обратить внимание на возможность использования коммунального отхода, которым является ОСВ в коммунальной же сфере. Например, при проведении ремонтно-восстановительных работ «Водоканалом» на поврежденном при аварийных работах дорожном полотне. При этом практический интерес представляет материально-техническое оснащение технологии предприятиями «Водоканала».

**Цель работы** –осуществить подбор оборудования и техники для утилизации ОСВ в готовую продукцию – дорожное покрытие – силами предприятия.

### Обоснование и предложение

Расчеты показывают: 1 м<sup>3</sup> асфальтобетона имеет среднюю массу 2,2 т. При введении 6-8% осадка как заменителя минерального порошка в 1 куб. м асфальтобетона можно утилизировать 132 – 176 кг отхода. Примем среднюю величину 150 кг/м<sup>3</sup>. При толщине слоя 3-5 см один куб. метр асфальтобетона позволяет создать 20 – 30 м<sup>2</sup> дорожного покрытия.

Асфальтобетон, как известно, состоит из щебня, песка, минерального порошка и битума. Водоканалы являются собственниками первых трех компонентов как искусственных техногенных месторождений: щебень – как заменяемая загрузка биофильтров; песок и депонированный осадок – как отход песковых и иловых площадок. Для превращения этих отходов в асфальтобетон (полезная утилизация) необходим только один дополнительный компонент - дорожный битум, количество которого составляет только 6% от планируемого выпуска асфальтобетона.

Имеющиеся отходы (сырьевые ресурсы) и необходимость осуществления ремонтно-восстановительных работ с возможностью

утилизации этих отходов являются основой для создания специализированного предприятия в структуре «Водоканала» для выполнения данной задачи.

Функции такой организации заключаются в следующем:

1. Подготовка компонентов асфальтобетона из имеющихся отходов; (стационарная).
2. Производство асфальтобетонной смеси (мобильная).
3. Укладка смеси в дорожное полотно (мобильная).

Технология подготовки сырьевых компонентов (минерального порошка на основе осадков сточных вод) приведена на рис. 1.

Согласно приведенной схеме, исходное сырье (1) – осадок из отвалов влажностью до 50% предварительно просеивается через сито с размером ячеек 5мм (2) для удаления постороннего мусора, растений и разрыхления комков. Просеянная масса сушится (в естественных или искусственных условиях) (3) до влажности 10-15% и подается на дополнительный просев через сито с ячейками 1,25мм (5).

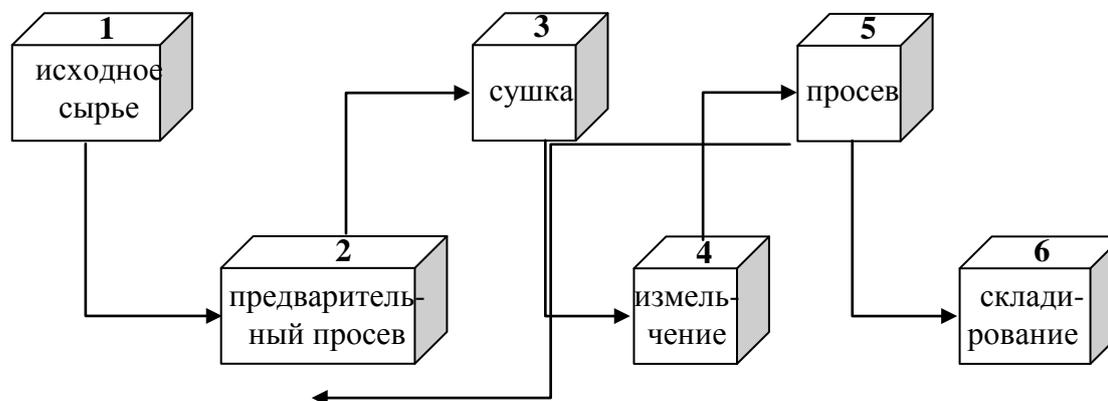


Рис. 1. Схема переработки ОСВ в минеральный (органо-минеральный) порошок

При необходимости может быть выполнено дополнительное измельчение комков массы (4). Полученный порошкообразный продукт (микронаполнитель, аналог минпорошка) упаковывается в мешки и складировается.

Аналогично производится подготовка щебня и песка (сушка и фракционирование). Для практического осуществления этапа подготовки сырья промышленностью предлагается типовой ряд специального оборудования (рис. 2). В качестве примера

приведем некоторые характеристики основного оборудования [7-9].

Принцип действия: через загрузочный бункер влажный материал подается в барабан и поступает на внутреннюю насадку, расположенную по всей длине барабана. Насадка обеспечивает равномерное распределение и хорошее перемешивание материала по сечению барабана, а также его тесный контакт с сушильным агентом при пересыпании. Непрерывно перемешиваясь, материал перемещается к выходу из барабана.

Высушенный материал удаляется через некоторых барабанных сушилок приведена разгрузочную камеру. Характеристика ниже.

### Вибросито



Рис. 2. Вибросита (ВС-3,ВС-ПМ, ВС- АПМ и т.п.)

### Сушилки

Для просушивания осадка можно применять барабанные сушилки различных типов (рис. 3).

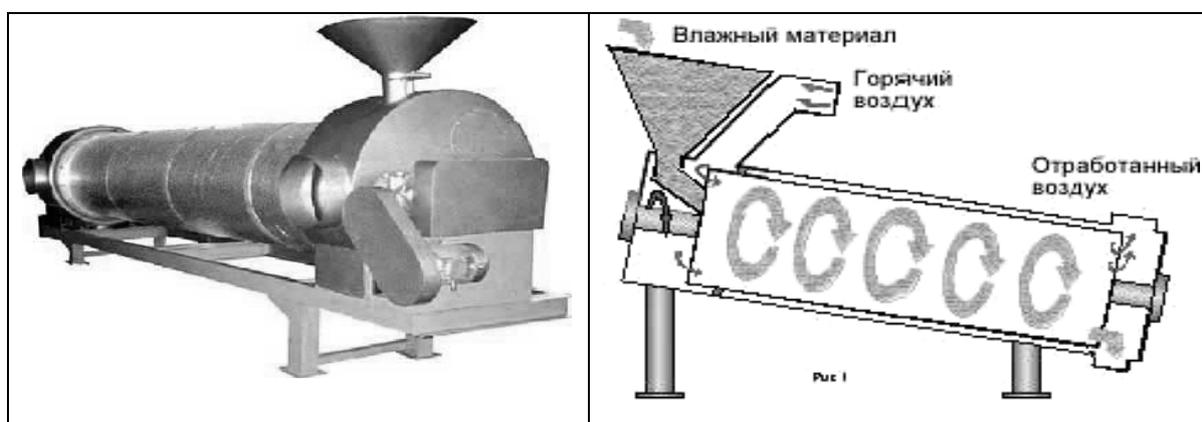


Рис. 3. Сушилка барабанная СБ-0,5

Таблица 1

Тип	Габариты, мм	Масса, кг	Мощ-ть, кВт	Производительность при сушке, тонн/час			Предел регулирования производит.	Нагреватель воздуха
				Зерна с 20 до 14%	Песка на 8%	Опилек с 55 до 15%		
СБ-0,5	3170x1200x2000	750	64;124	0,5	1	0,12	0,3-0,8	Эл.нагр. СФО-60
СБ-1,7	5750x1200x2200	1450	6	1,6	3	0,2	1-2	МТУ-0,5
СБ-2,5	5750x1400x2500	2000	7,5	2,5	5	0,5	1-3,5	МТУ-0,5

Комплект поставки: сушилка, вентилятор, пульт управления.

В сушилках СБ-0,35 и СБ-0,5 электронагреватель встроены в конструкцию. Цена от 16,5 тыс. дол.

Для осуществления контроля влажности материала можно использовать влагомеры, например типа ВКСМ -12У [10].

Таким образом, для организации стационарного пункта по подготовке

наполнителей асфальтобетона (просев, сушка) требуется оборудование на сумму до 20 тыс. долларов.

#### **Мобильный асфальтобетонный завод**

Для изготовления асфальтобетонных смесей из производственных отходов «Водоканала» и использования их в дорожном покрытии предлагается самый малый по мощности из возможных комплексов – мобильный мини - АБЗ -асфальтобетонный завод (рис. 4) [11].



Рис. 4. Мини – АБЗ производительностью 3 т/час

Достоинство такого комплекса – низкая цена, эксплуатационные и амортизационные расходы. Малые габариты позволяют обеспечить не только удобное хранение, но и энергоэффективный моментальный запуск и выпуск готового асфальтобетона. При этом производство асфальтобетона осуществляется на месте укладки, минуя стадию транспортировки, с использованием смеси с высокой температурой, что обеспечивает высокую степень уплотнения материала и отличное качество асфальтобетонного покрытия. Стоимость такого комплекса около 130 тыс. долларов.

Основные технические параметры Мини – АБЗ:

1. Производительность – 3-5 т/ч.
2. Емкость входных минералов – 20 м<sup>3</sup>/бочка.
3. Применение – битум, щебень.
4. Расход топлива – 6 кг/ч.
5. Дизельный двигатель – 10 кВт.
6. Генератор - 10 кВт.
7. Емкость битумного бака – 700 кг.
8. Емкость топливного бака – 50 кг.
9. Выходная температура материала – 120-160 °С.
10. Размеры – 4000x1800x2800 мм.

#### **Дорожный мини-каток**

Дополнительно для осуществления полного цикла по производству и укладке асфальтобетона желательно иметь: 1. Мини битумную емкость для транспортировки горячего битума; 2. Мини-каток для укладки асфальта. Дорожные катки вибрационные тандемные массой до 3,5 т имеют стоимость 11 – 16 тыс. дол.



Рис. 5. Дорожный каток ТВ-25

Таким образом, весь комплекс оборудования для подготовки материалов, производства и укладки асфальтобетона выпускается промышленностью и может быть приобретен компанией по ориентировочной стоимости до 170 тыс. долларов США.

### Выводы

Приведенные обоснования, подтвержденные экспериментально, предложенная технологическая схема и оборудование позволяют решить проблему утилизации отходов канализационных станций путем вовлечения их в хозяйственный оборот. При этом может быть реализована абсолютно новая идея, когда Водоканалы перейдут в разряд малоотходных предприятий. Это даст возможность решить не только собственные корпоративные интересы, но и принесет социальную и экологическую пользу обществу.

### Л и т е р а т у р а

1. Бреус Р.В., Дрозд Г.Я. Спосіб утилізації осадів міських стічних вод: Патент на корисну модель №26093. Україна. МПК СО2F1/52, СО2F1/56, СО4В 26/26 - №U200612901; Заявл. 06.12.06; Опубл. 10.09.07, Бюл.№14.
2. Бреус Р.В., Дрозд Г.Я., Гусенцова Є.С. Асфальтобетонна суміш: Патент на корисну модель №17974. Україна. МПК СО4В 26/26 - №U200604831; Заявл. 03.05.06; Опубл. 16.10.06, Бюл.№10.
3. Бреус Р.В. Зниження об'ємів накопичених відходів водоочищення – осадів стічних вод, шляхом їх утилізації в асфальтобетон. // Автореферат дисс. ... к.т.н., Харків: УНДІЕП, 2007. – 21с.
4. Дрозд Г.Я., Зотов Н.И., Маслак В.Н. Технично-економические записки по проблеме утилизации осадков городских и промышленных сточных вод. – Донецк: ИЭП НАНУ, 2000г. – 40с.
5. Дрозд Г.Я. Предложения по вовлечению депонированных осадков сточных вод в хозяйственный оборот. // Матер. Международного конгресса ЭТЭВК-2009. – Ялта, 2009. – с 230-242.

6. Дрозд Г.Я., Бреус Р.В. Осадок сточных вод в роли модификатора асфальтобетона. // Матер. III Междун. науч.-техн. конф. «Вода, экология, общество». – Харьков: ХНАГХ, 2010, - с.122-125.
7. <http://www.apmech.ru/ob.vibrosita.htm>;
8. [http://www.ibeton.ru/sift.php.](http://www.ibeton.ru/sift.php;);
9. <http://omega.fch/SB.htm>;
10. <http://www.kipia-teplo.ru/c.php?id=1006>;
11. file://localhost/G:/20 мини %20 АБЗ.

### Дрозд Г.Я. Технологічна схема та обладнання для утилізації «водоканалом» осадів стічних вод

*Запропоновано технологічну схему та обладнання для утилізації відходів каналізаційних станцій підприємствами Водоканалів з наступним їх застосуванням в господарському обороті.*

**Ключові слова:** водоканал, осад стічних вод, утилізація, технологія.

### G.Ya. Drozd. Technological chart and equipment is for utilization of precipitations of flow waters a «water channel»

*A technological chart and equipment is offered for utilization wastes of sewage stations of enterprises water channel with their next application in an economic turn.*

**Key words:** water channel, sediment of flow waters, utilization, technology

**Дрозд Геннадий Яковлевич**, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Городское и промышленное строительство» Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства.

УДК 69:624.02

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВОГО МАССИВА, РАСПОЛОЖЕННОГО ВБЛИЗИ ОТКОСОВ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПК “ЛИРА”

Емец Е.В.

### PREDICTING THE STABILITY OF SOIL MASS, WHICH IS LOCATED NEAR THE SLOPES, USING A PC "LIRA"

Yemets E.

*Приведены результаты моделирования и исследования устойчивости грунтового массива, расположенного вблизи откоса, с использованием ПК “ЛИРА”.*

**Ключевые слова:** *устойчивость откосов, напряжения и перемещения в грунтовом массиве.*

#### Актуальность проблемы

Прогнозирование устойчивости склонов и откосов на основании существующих методов непосредственного расчета коэффициента устойчивости склона и основанных на анализе напряженно-деформированного состояния грунтового массива далеко не совершенно, т.к. эти методы предусматривают только упругое состояние грунтового массива, что часто приводит к завышению значения коэффициента устойчивости.

Современное строительство в сложных инженерно-геологических условиях ставит более сложные задачи, связанные не только с определением устойчивости склонов, но и с количественной оценкой смещений грунтовых массивов. Решение таких задач возможно только на основании учета упруго-пластического состояния грунтовых массивов, которое предшествует возникновению оползня.

Моделирование работы грунтовых массивов и расчет их с использованием ПК “ЛИРА” позволяет обеспечить массивную обработку данных, исследовать деформации грунта, получить значения напряжений и перемещений в любой точке грунтового массива, определить возможную поверхность скольжения и, как следствие, оценить устойчивость склона.

**Основная часть.** Для моделирования оползневого массива применяется

программный комплекс ПК “ЛИРА”, в основу которого положен метод конечных элементов. Результаты расчета устойчивости грунтового массива с использованием ПК “ЛИРА” сравнивали с результатами расчета по методу отсеков.

**Методика расчетов.** Для моделирования оползневого массива в программном комплексе ПК “ЛИРА” применялись конечные элементы плоской деформации грунтов (КЭ 281, 282, 284). Размер массива 50×70 м. Шаг триангуляции 1,1 м. Связи в узлах – низ массива закрепляем по оси Z, слева и справа массив закрепляем по оси X.

Для решения рассматриваемой задачи был выбран оползневой склон из мягкопластичной глины.

Расчетная модель грунтового массива приведена на рисунке 1.

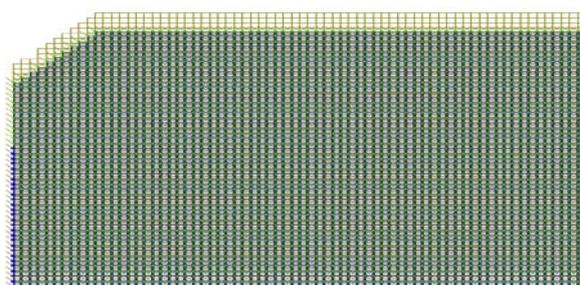


Рис. 1. Расчетная схема оползневого склона

Так как оползневой массив моделируется в естественном состоянии, нагрузка – собственный вес грунта. Для расчета полученной схемы моделируем нелинейное загрузку оползневого массива. Результаты расчета (напряжения и перемещения в каждой точке грунтового массива) сопоставлены с результатами расчета по методу отсеков,

предложенному К. Терцаги. В основе его лежит представление о цилиндрической поверхности скольжения откоса.

Расчет производится шагово-итерационным методом, состоящим в повторении расчетов для нескольких возможных поверхностей скольжения (рисунок 2,а). Опаснейшей будет поверхность, для которой коэффициент устойчивости получится минимальным. Для обеспечения устойчивого

положения откоса минимальный коэффициент устойчивости должен быть не менее 1,5. Если он окажется меньшим, необходимо сделать откос более пологим и повторить расчеты.

Сущность метода состоит в следующем. На разрезе откоса, вычерченном в определенном масштабе, наносится серия возможных цилиндрических поверхностей скольжения (рис. 2, а).

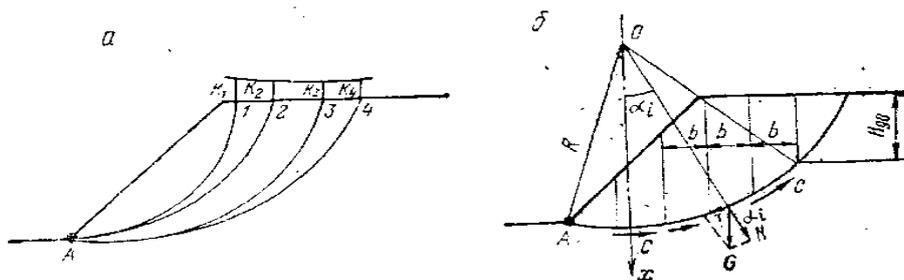


Рис. 2. Схемы к расчету устойчивости откоса

Каждая из очерченных призм скольжения принимается высотой 1 м и разделяется вертикальными плоскостями на ряд отсеков одинаковой ширины (рис. 2, б). Вес каждого из отсеков раскладывается на составляющие

$$T = G \sin \alpha \text{ и } N = G \cos \alpha$$

При определении степени устойчивости ( $K$ ) откоса рассматривают соотношение моментов сил, действующих относительно точки  $O$ ,

$$K = \frac{M_y}{M_c}$$

где  $M_y$  — момент сил, удерживающих откос от сползания;

$M_c$  — момент сил, сдвигающих откос.

*Недостаток метода:* недоучет сил взаимодействия между отсеками, из-за которых распределение давления на кривой скольжения будет отлично от расчетного.

**Результаты расчетов.** В результате расчета устойчивости грунтового массива с использованием ПК “ЛИРА” получили значения перемещений, изополя напряжений в точках оползневого массива и расположение кривой скольжения, которые показаны на рисунке 3. Рассмотрим полученные результаты:

В результате расчета установлено, что радиус поверхности скольжения грунтового массива составляет 23 м.

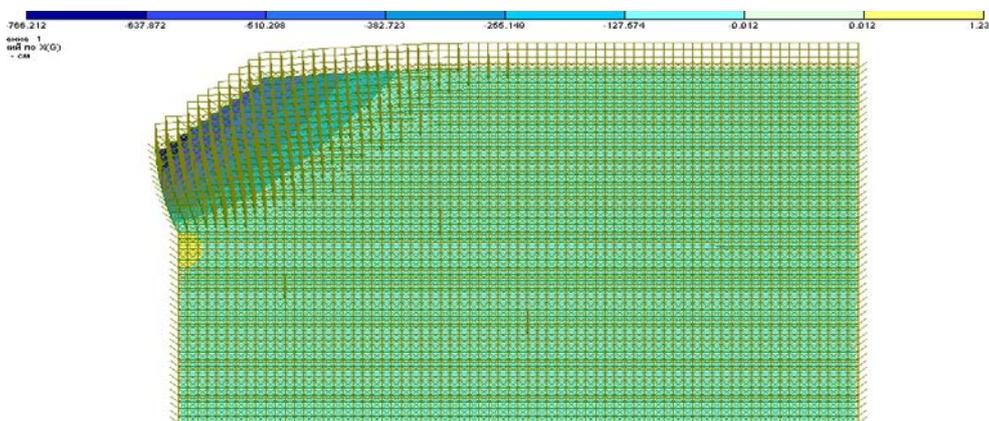


Рис. 3. Перемещения по оси X, см

Результаты расчета по методу отсеков:

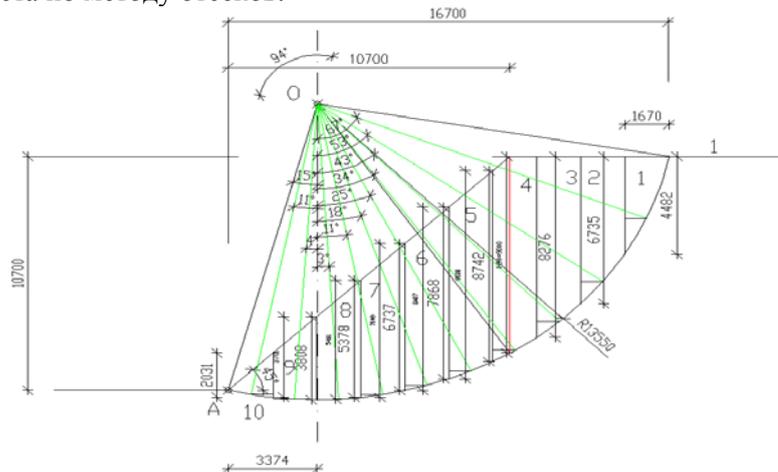


Рис. 4. Расчетная схема грунтового массива по методу отсеков

Данные для расчета: высота откоса 10,7 м; угол откоса  $45^{\circ}$ ; грунтовой откос разбиваем на 10 отсеков, каждый из которых шириной 1,67 м, расстояние от т.А до нейтральной оси 3,374 м. Результаты расчета по методу отсеков показали, что радиус поверхности скольжения составляет 16,7 м.

В результате сравнения кривых скольжения по МКЭ в ПК “ЛИРА” и по методу отсеков установлено, что метод скольжения значительно завышает значения устойчивости (расхождения составляют почти 20 %).

**Выводы**

1. Определены особенности моделирования грунтовых массивов при помощи физически нелинейных элементов.
2. Установлены преимущества прогнозирования устойчивости грунтового массива с использованием ПК “ЛИРА”, заключающиеся в точности получаемых результатов и отсутствии необходимости заранее вычислять и задавать в сходных данных возможное положение поверхности скольжения.

**Л и т е р а т у р а**

1. ЛИРА – САПР 2011:[учебное пособие] / Ю.В. Гензерский, Д.В. Медведенко, О.И. Палиенко, В.П. Титок. – К.: Электронное издание, 2011. - 396 с.

2. Методические рекомендации по расчету устойчивости земляных сооружений и оползневых склонов при статических нагрузках / НИИСК.-К., 1985.-40 с.

3. Метод конечных элементов (Электронный ресурс) <http://ru.wikipedia.org/wiki/>

**Ємець О.В. Прогнозування стійкості грунтового масиву, розташованого поблизу укосів, з використанням ПК "ЛІРА"**

*Наведено результати моделювання та дослідження стійкості грунтового масиву, розташованого поблизу укосу, з використанням ПК "ЛІРА".*

**Ключові слова:** *стійкість укосів, напруги і переміщення в грунтовому масиві.*

**Yemets E. Predicting the stability of soil mass, which is located near the slopes, using a PC "LIRA"**

*The results of modeling and studying the stability of the soil mass, which is located near the slope, using a PC "LIRA".*

**Key words:** *slope stability, stress and displacement in the ground array.*

**Ємець Елена Васильевна,** кандидат технических наук, доцент. Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск.

УДК 622.32; 005

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АКТИВНО-ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКИ ИСКРОЗАЩИТНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

Иванилов В.Н.

## PROVIDING OF SAFETY OF THE ACTIVELY INDUCTIVE LOADING BY THE DEVICES OF A INTRINSIC SAFETY ON SEMICONDUCTOR TRANSISTORS

Ivanilov V.N.

*Исследовано влияние характера активно-индуктивной нагрузки полупроводниковых транзисторов в переходных режимах работы для обеспечения искробезопасности электрической цепи. Определен порядок выбора параметров полупроводниковых транзисторов в схемах искрозащиты активно-индуктивной нагрузки, а также установлена необходимость строгого контроля зависимостей между их параметрами в переходном режиме работы, что ранее не было оговорено в нормативной документации на искробезопасные электрические цепи.*

**Ключевые слова:** транзистор, искробезопасность, управление, оболочка, нагрузка.

Все виды работ с веществами, содержащими углеводороды или иные вещества, способные к воспламенению и взрыву, а также эксплуатация различных видов электрооборудования в условиях возможного возникновения взрывоопасной среды (предприятия химической, нефтеперерабатывающей промышленности и т.п.) требуют применения взрывозащищенного электрооборудования.

Методы и средства обеспечения безопасности взрывозащищенного электрооборудования с видами защиты «Взрывонепроницаемая оболочка», «Масляное заполнение оболочки», «Кварцевое заполнение оболочки», «Защита повышенным давлением» или другие специальные виды взрывозащиты предназначены для исключения передачи взрыва в нормальном и аварийном режиме работы из оболочки в окружающее ее пространство. Эти виды взрывозащиты

применяются в основном для электрооборудования, содержащего высоковольтные и силовоточные цепи.

Для взрывозащиты широко применяемых слаботочных электрических цепей устройств связи, сигнализации, дистанционного управления и контроля, распределенных в пространстве, или переносных автономных, эксплуатируемых в условиях окружающей взрывчатой атмосферы, используется вид взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь» [1, 3].

Электрические параметры таких цепей ограничены на уровне, при котором разряды при нарушении такой цепи не приводят к воспламенению окружающей атмосферы как в нормальных, так и в аварийных режимах.

В электрооборудовании с видом взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь» наиболее широко распространены способы и средства искрозащиты на полупроводниковых транзисторах, основанные на принципе сокращения длительности коммутационного разряда, т.е. использовании ключевого режима работы транзистора.

Накопленный опыт конструирования устройств искрозащиты активно-индуктивных нагрузок на транзисторах до настоящего времени базируется на требованиях к искрозащитным элементам ГОСТ 22782.5 -78 [2, 6], в котором вводятся ограничения для этих элементов только по нагрузке в  $2/3$  от максимально допустимого тока, напряжения и рассеиваемой мощности без учета их возможных импульсных изменений.

**Целью** статьи является представление данных исследования искробезопасного режима работы активно-индуктивной нагрузки транзисторного ключа.

На рисунке 1 изображены принципиальная и эквивалентная схемы транзисторного ключа с нагрузкой такого типа.

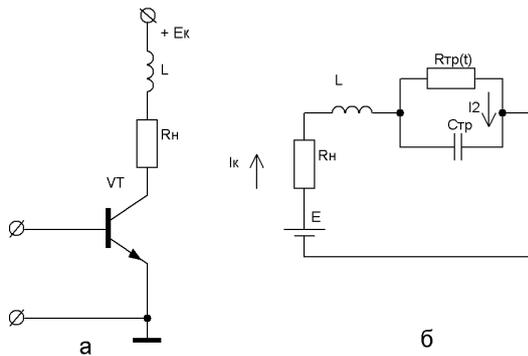


Рис. 1. Принципиальная схема (а) и упрощенная схема замещения (б) работы транзистора на LR-нагрузку:  $R_{mp}$  и  $C_{тр}$  – сопротивление, Ом, и емкость, Ф, р-п переходов транзистора.

При токе базы, равном нулю, транзистор закрыт, и через него протекает ток покоя  $I_{KЭ0}$ , А, а напряжение  $U_{KЭ}$ , В близко к величине напряжения источника питания [4] (точка А, рисунок 2).



Рис. 2. Статические и динамические характеристики для транзистора в схеме ключа с LR-нагрузкой

При отпирании транзистора прямоугольным импульсом ток базы будет увеличиваться согласно зависимости [3, 4]

$$i_B = I_B (1 - e^{-t/\tau}), \text{ А}$$

за время действия переднего фронта входного импульса  $t_{cp} = (3 \div 5)\tau_{ex}, \text{ с. [5]}$

На рисунке 2 это соответствует изменению значения тока коллектора транзистора  $I_K(U_{KЭ}, I_B) = 0 \text{ А}$  (точка А) до нового значения  $I_K(U_{KЭ}, I_B), \text{ А}$ , (точка В).

Установлено, что достаточно большая индуктивность нагрузки при малых  $t_{cp}$  не позволяет изменяться току коллектора, который остается постоянным, а при достаточных по времени для открывания входных сигналах на базе транзистора значение тока  $I_K, \text{ А}$  из точки А может переместиться в любую другую точку на линии насыщения при токе  $I_B, \text{ А}$ , вплоть до точки С. Ток коллектора  $I_K, \text{ А}$  в этой точке будет равен току в индуктивности за время действия отпирающего импульса. Приращение тока коллектора в рабочей зоне будет соответствовать выражению :

$$I_K = \frac{E}{R_L + R_n + R_{mp}} \left( 1 - e^{-t/\tau_{экс}} \right) = I_0 \left( 1 - e^{-t/\tau_{экс}} \right), \text{ А}$$

где  $\tau_{экс}$  – постоянная времени, зависящая от постоянной времени транзистора, цепи нагрузки и условий на входе транзистора, с.

При запирании транзистора (спад входного сигнала) ток коллектора будет изменяться от  $I_K$  до  $I_{KЭ0}$  (точка D) согласно выражению [1]:  $I_K = I_B e^{-t/\tau_{экс2}}, \text{ А}$ , где  $\tau_{экс2}$  – постоянная времени входной цепи, определяющая изменение тока базы, с.

Динамические характеристики получены с использованием эквивалентной схемы, в которой электрическая емкость транзистора  $C_{TP}$  замещается последовательно соединенными емкостями коллекторного и эмиттерного переходов (рисунок 1,б).

Для эквивалентной схемы (рисунок 1) можно составить систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} L \frac{di_K}{dt} + i_K R_n + i_2 R_{mp}(t) = E \\ L \frac{di_K}{dt} + i_K R_n + \frac{1}{C_{mp}} \int (i_2 - i_K) dt = E \end{cases} ; \text{ В.}$$

Решая эту систему, можно получить зависимости  $i_K=f(t), \text{ А}$ , и  $U_{KЭ}=f(t), \text{ В}$ :

$$i_K = \frac{E}{C_{mp} R_{mp}(t)} = L \frac{d^2 i_K}{dt^2} + \left( R_n + \frac{L}{C_{mp} R_{mp}(t)} \right) \frac{di_K}{dt} + \frac{R_n + R_{mp}(t)}{C_{mp} R_{mp}(t)} i_K, \text{ А};$$

$$U_{KЭ} = E - L \frac{di_K}{dt} - i_K R_n, \text{ В}.$$

По найденным зависимостям построены динамические вольтамперные характеристики  $i_K = f(u_{KЭ})$ , А для транзистора типа КТ 3102 (рисунок 2). При больших значениях индуктивности нагрузки ток  $I_K$ , А практически не спадает (процесс запираия), а напряжение  $U_{KЭ}$ , В достигает величины  $U_{KЭ0}$ , В. При малых индуктивностях ток, достигнув определенной величины, спадает до значения  $I_{KЭ0}$ , А, а напряжение уменьшается до величины источника питания (точка D).

Как показали исследования, при напряжении питания 24 В и токе коллектора 10 – 40 мА напряжение коллектор-эмиттер для данного транзистора равно 40 В, 50 В, 60 В (при  $L=0,00001$  Гн,  $0,0001$  Гн,  $0,001$  Гн соответственно) и может приблизиться к напряжению пробоя.

#### Выводы

1. При активно-индуктивной нагрузке необходимо ограничивать максимальный ток транзистора, величина которого должна быть меньше тока пробоя. Если этого сделать нельзя, необходимо ограничить длительность спада импульса выключения транзистора. Кроме этого, можно включить параллельно индуктивности шунтирующее устройство.

2. Если динамическая характеристика пересекает где-либо границы безопасной области работы, следует изменить параметры элементов схемы, чтобы вся динамическая характеристика укладывалась в безопасную область работы.

#### Л и т е р а т у р а

1. Cawley James C. Probability of spark ignition in intrinsically safe circuits./ Cawley James C. // Bur. Mines US Dep. Inter.— 1988. — P. 1 – 15.
2. Николаевский И.Ф. Параметры и предельные режимы работы транзисторов / Николаевский И.Ф., Игумнов Д.В. — М., «Сов. Радио», 1981. — 154 с
3. Петренко В.А. Научные основы электровзрывобезопасности в горнодобывающей и

нефтехимической промышленности/ Петренко В.А. — М.: Наука, — 1980. — 120 с.

4. Установить область применения и разработать методы и средства оценки полупроводниковых компонентов, используемых в качестве защитных элементов искробезопасных цепей взрывозащищенного электрооборудования: Отчет о НИР (заключительный). / Государствен. Макеевский НИИ по безопасн. раб. в горн. пром-ти; № ГР UF01003255Р. Макеевка —Донбасс, 1994.

5. Тугов Н.М. Полупроводниковые приборы / Тугов Н.М., Глебов Б.А., Чарыков Н.А. — М., «Энергоатомиздат», 1990. — 576 с.

6. Электрооборудование взрыво-защищенное с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь». Технические требования и методы испытаний. ГОСТ 22782.5–78. — [Введ. 1980-01-01]. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 70 с.

Іванілов В.Н. Забезпечення безпеки активно-індуктивного навантаження пристроями іскрового захисту на напівпровідникових транзисторах

*Досліджено вплив характеру активно-індуктивного навантаження напівпровідникових транзисторів в перехідних режимах роботи для забезпечення іскробезпеки електричного ланцюга. Визначено порядок вибору параметрів напівпровідникових транзисторів в схемах іскрозахисту активно-індуктивного навантаження, а також встановлена необхідність строгого контролю залежностей між їхніми параметрами в перехідному режимі роботи, що раніше не було обумовлене в нормативній документації на іскробезпечні електричні ланцюги.*

**Ключові слова:** транзистор, іскробезпека, управління, оболонка, навантаження.

#### Ivanilov V.N. Providing of safety of the actively inductive loading by the devices of a intrinsic safety on semiconductor transistors

*The thesis solves a scientific and technical task in the field with character of the actively-inductive loading of semiconductor transistors is investigational in transient behaviors of work for providing on electric circuits. The order of choice of parameters of semiconductor transistors is certain in the charts of intrinsic safety the actively-inductive loading, and also the necessity of strict control of dependences is set between their parameters in transient behavior of work, that before was not stipulated in a normative document on искробезопасные electric circuit.*

**Key words:** transistor, intrinsic csafety, control, proof, loading.

**Иванілов Владимир Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана труда, БЖД и ГЗ», Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, строительный институт.

УДК 69.058.5:624.072.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА ПОДКРАНОВОГО РЕЛЬСА

Карпетян С.Х., Псюк В.В.

## DEFINITION AMOUNT OF ECCENTRICITY THE CRANE RUNWAY RAIL

Karapetyan S.Kh., Psyuk V.V.

Приведена методика исследования величины эксцентриситета – расстояния между осями кранового рельса и стенки подкрановой балки и определения количественной характеристики контактных давлений рельса на верхний пояс балки.

**Ключевые слова:** эксцентриситет, крановый рельс, подкрановая балка, контактное давление.

При определении местных напряжений в стенках сварных двутавровых подкрановых балок необходимо знать действительный характер передачи нагрузки от подкранового рельса на верхний пояс балок. В работах [1, 2, 3, 5] для расчета подкрановых конструкций в построении расчетной схемы используются допущения, согласно которым нагрузки принимаются равномерно распределенные или сосредоточенные. Однако такие допущения в основном приводят к недоучету действующих нагрузок либо к превышению их значений. Для наиболее достоверного учета действующих нагрузок необходимы также значения контактных давлений между рельсом и верхним поясом балки, вычисление которых вызывает определенные трудности. Оправданность такого подхода подтверждается работой [4], где местные напряжения рассматриваются в зависимости от состояния контактных поверхностей подошвы рельса и верхнего пояса балки. Указанные поверхности, как показывают обследования состояния подкрановых конструкций, имеют «пятнистый» характер, что приводит к неравномерному распределению напряжений в стенке подкрановой балки.

При обследовании состояния подкрановых конструкций особенно важна оценка величины эксцентриситета (действительного расстояния между осями кранового рельса и стенки подкрановой балки).

Данная величина во многом зависит от неудовлетворительного состояния крепления рельсов и некачественного изготовления подкрановых балок, что в совокупности приводит к перемещению рельса по верхнему поясу балки при проезде крана. Величина эксцентриситета рельса согласно СНиП II-23-81\* не должна превышать 15 мм, а в действительности она колеблется в больших пределах и нередко достигает 60-70 мм.

В настоящей работе предлагается способ определения эксцентриситета между положением рельса и осью стенки подкрановой балки (рис. 1) с помощью трехслойной прокладки, расположенной под подошвой рельса.

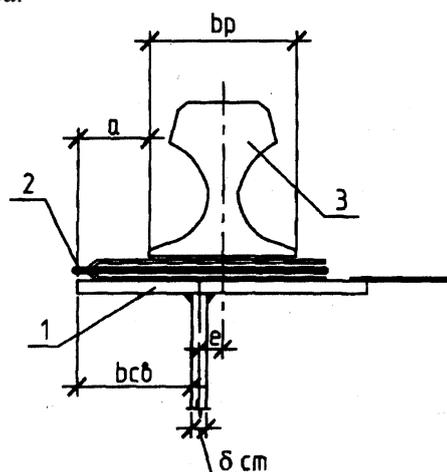


Рис. 1. К определению эксцентриситета рельса: 1 - верхний пояс балки; 2 - трехслойная прокладка; 3 - подкрановый рельс;  $e$  - эксцентриситет;  $a$  - расстояние от края верхнего пояса балки до края рельса;  $b_{св}$  - свес верхнего пояса балки со стороны пролета цеха;  $\delta_{ст}$  - толщина стенки балки;  $b_p$  - ширина подошвы рельса

Прокладка состоит из двух бумажных и одного копировального листа между ними.

Верхний лист предназначен для предохранения копировальной бумаги от повреждения, а нижний для отпечатка следа контакта рельса с полкой подкрановой балки.

В статическом состоянии крана на прокладке отмечают положение подкранового рельса и измеряют расстояния  $a$ ,  $b_{cb}$  и  $\delta_{cm}$ . После проезда крана на прокладке остается след шириной, равной  $b_p$  или меньше. На отпечаток наносится ось стенки подкрановой балки и по разности между осью стенки и центром отпечатка судят о величине эксцентриситета, который может быть вычислен по формуле

$$e = \left( \frac{b_p}{2} + a \right) - \left( \frac{b_{cb}}{2} + \frac{\delta_{cm}}{2} \right).$$

Данный метод дает возможность оценить величину смещения подкранового рельса от оси стенки подкрановой балки, а также визуально определить величину контактируемых поверхностей. Плотность краски отпечатка на бумаге нижнего слоя пропорциональна контактным давлениям.

Для измерения контактных давлений в исследуемые контактируемые поверхности рельса и верхнего пояса балки устанавливались специальные датчики, которые оказывались неудобными и сложными в обращении и, кроме того, при их установке искажается характер контакта. Поэтому для определения количественной характеристики контактных давлений предложен прибор, схема которого приведена на рис. 2.

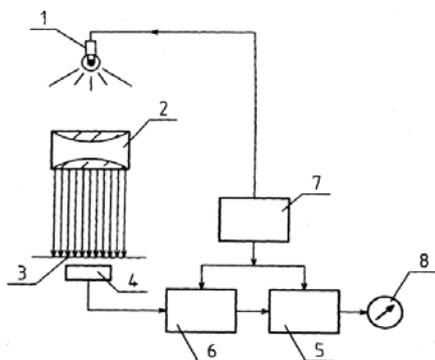


Рис. 2. Схема прибора для измерения величины контактных давлений:

- 1 - источник света; 2 - конденсорные линзы; 3 - лист бумаги; 4 - фоторезистор; 5 - электрический мост; 6 - усилитель; 7 - источник питания стабилизированный; 8 - измерительный прибор

Принцип работы прибора состоит в следующем: луч света от лампочки, проходя через конденсор и лист бумаги, на котором отпечатана краска копировальной бумаги, попадает на фоторезистор. При этом фоторезистор включен в плечо электрического моста, предварительно сбалансированного по чистому листу бумаги с помощью переменных резисторов. При прохождении светового потока через затемненные участки бумаги его интенсивность уменьшается, что приводит к изменению сопротивления фоторезистора. Электрический ток, возникающий в измерительных плечах моста, при его разбалансировке усиливается двухкаскадным усилителем, обеспечивающим высокую температурную стабильность, а линейность, достигаемая глубокой отрицательной связью, попадает на измерительный прибор. Отклонение стрелки прибора пропорционально плотности отпечатка краски на бумаге, следовательно, и величине контактного давления (ВКД). Для определения ВКД необходимо построить тарировочный график, дающий зависимость силы тока от прозрачности бумаги при заранее известных величинах контактного давления.

Для получения тарировочных отпечатков было разработано тарировочное устройство, схема которого приведена на рис.3.

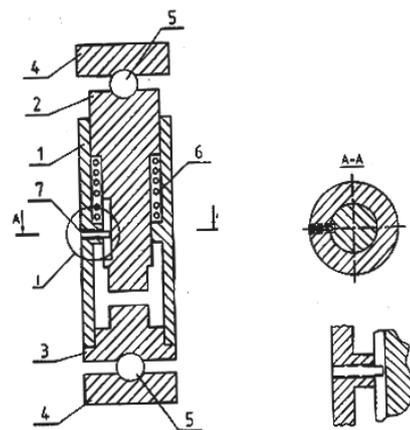


Рис. 3. Схема тарировочного устройства:

- 1 - корпус; 2 - подвижный шток; 3 - нижний упор; 4 - центрирующие плиты; 5 - шарики; 6 - пружина; 7 - стопорный винт

Предварительно, перед включением пресса, между торцевыми поверхностями вкладывается трехслойная прокладка, для которой в стенке корпуса тарировочного устройства предусмотрены отверстия. В

результате полученная серия отпечатков при известных усилиях пресса просвечивается и по ним строится тарировочный график.

Таким образом, предложенный способ в отличие от известных позволяет получить полную форму контакта подошвы рельса с верхним поясом балки, определить точное смещение оси подкрановой балки и учесть перемещение зон контакта рельса с поясом балки в динамике работы крана, что ранее не учитывалось.

#### Л и т е р а т у р а

1. Апалько А.А. Напряженное состояние стенок сварных подкрановых балок под действием местных статических нагрузок: автореф. дис...канд. техн. наук: спец. 05.23.01 [Текст] / А.А. Апалько.- М.: ГПНПБ, 1960. – 20 с.

2. Васильев А. А. Об уточнении расчетных вертикальных нагрузок от мостовых кранов [Текст] / А. А. Васильев, Ю. С. Кунин, А. Т. Яковенко // Промышленное строительство. – М., 1974. – № 6.- С. 20-22.

3. Горпиченко В. М. Экспериментальное исследование усталостной прочности сварной подкрановой балки [Текст] / В. М. Горпиченко, А. С. Лазарян // Промышленное строительство. – М., 1975. – № 12.-С. 40-41.

4. Кудишин Ю. И. Упругие прокладки под рельсами подкрановых металлических балок [Текст] / Ю. И. Кудишин // Промышленное строительство. – М., 1966. – № 9.- С. 20-23.

5. Лампси Б. Б. К вопросу повышения надежности стальных подкрановых балок [Текст] / Б.Б. Лампси, А. П. Юфимычев // Промышленное

строительство и инженерные сооружения. – К., 1975. – № 3.- С. 27-29.

#### **Карапетян С.Х., Псюк В.В. Визначення величини ексцентриситету підкранової рейки**

*Наведено методику дослідження величини ексцентриситету – відстані між осями рейки крана і стінки підкранової балки і визначення кількісної характеристики контактних тисків рейки на верхній пояс балки.*

**Ключові слова:** ексцентриситет, кранова рейка, підкранова балка, контактний тиск.

#### **Karapetyan S.Kh., Psyuk V.V. Definition amount of eccentricity the crane runway rail**

*A procedure of research amount of eccentricity - the distance between axles of the crane rail and the wall of the crane runway beam and determination the quantitative characteristics of the contact pressure of the rail on the top flange beam .*

**Key words:** eccentricity, crane runway rail, crane runway beam, the contact pressure.

**Карапетян Смбат Хачатурович**, кандидат технических наук, доцент, Доцент. Донбасский государственный технический университет, Алчевск

**Псюк Виктор Васильевич**, кандидат технических наук, доцент. И.о. зав. кафедры «Строительные конструкции». Донбасский государственный технический университет, Алчевск.

УДК 624

## МОДЕЛЬ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕНА ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ

Коваленко А.А., Андрийчук Н.Д.

## THE UNSTEADY HEAT TRANSFER MODEL OF UNDERGROUND PART OF THE BUILDING

Alim A. Kovalenko, Nikolay D. Andriychuk

*В статье приведена математическая модель процесса теплопереноса а подземной части здания. Разработан алгоритм и программа ее реализации в пакете прикладных программ SIMULINK. Показано удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных данных.*

**Ключевые слова:** математическая модель, теплоперенос, здание, программа реализации.

В настоящее время все чаще возводятся сооружения с развитым подземным хозяйством, где размещены автостоянки, крупные торговые центры, бассейны, лечебные учреждения, военные объекты, склады и пр. Использование подземного пространства позволяет экономить занимаемые территории, не превышать заданную высоту и соблюдать другие условия. Причем заглублиение в грунт подземных частей современных зданий в ряде случаев достигает 15 - 20 м и даже более [1,5].

Очевидно, что величина теплопотерь здания в грунт через ограждающие конструкции, расположенные ниже уровня земли, зависит от большого числа факторов. Поэтому для определения их величины требуются специальные методы расчета трехмерной теплопередачи в грунт. Кроме того, для многих городов не существует достаточно подробного климатического обеспечения решения указанной задачи. Этим объясняется актуальность представленной работы.

Для ее решения рассматривается задача нестационарного годового режима грунта. Дифференциальное уравнение теплопроводности через грунт [3,4]

$$c\rho \frac{\partial t}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \lambda \frac{\partial t}{\partial x} \right], \quad z > 0;$$

которое для каждого однородного слоя грунта может быть переписано следующим образом

$$\frac{\partial t}{\partial z} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}, \quad z > 0;$$

где  $c$  - удельная теплоемкость грунта;  $\rho$  - плотность грунт;  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности грунта;  $a$  - коэффициент температуропроводности грунта;  $x$  - расстояние по координате вглубь грунта, начиная от его поверхности,  $t$  - время, с, имеющее начало отсчета;  $t(x,z)$  - температура, в любой точке  $x$  по глубине грунта и в любой момент времени  $t$  от начала отсчета.

Начальное распределение температуры в толще грунта известно (например, может быть принято постоянным по глубине и равным значению среднесезонной среднегодовой температуре наружного воздуха)

$$f(x,0) = f(x) = idem, \quad 0 \leq x \leq H, \quad z = 0;$$

$$t(x,z) = g(x,z), \quad 0 \leq x \leq H, \quad z > 0.$$

где  $H$  - глубина рассматриваемого массива грунта.

В качестве граничных условий на поверхности земли учитываются теплообмен наружной поверхности с наружным воздухом, поглощение теплоты солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность, и длинноволновое излучение в атмосферу Земли

$$\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha_n (t_n - t_{нов}|_{x=0}) + Pq_{c.p} - \varepsilon q_{д.в.};$$

причем условие можно записать проще, при введении условной температуры наружной среды

$$t_{усл} = t_n + q_{c.p} \frac{P}{\alpha_n} - \frac{\varepsilon q_{д.в.}}{\alpha_n};$$

то есть на поверхности земли имеет место теплообмен со средой, имеющий температуру, равную условной

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha_n (t_{усл} - t_{нов}|_{x=0}), \quad x = 0; z > 0.$$

Так как согласно данным [27. 110] тепловой поток от центра Земли составляет 0,06 - 0,10 Вт/м<sup>2</sup>, что в среднем равно 0,03 % от поглощаемого поверхностью Земли потока солнечной радиации, то на нижней границе рассматриваемого массива грунта принято отсутствие теплового потока.

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=H} = 0, \quad x = H, \quad z > 0,$$

где  $t_n, t_{усл}$  - известные изменяющиеся в течение года температуры наружного воздуха и условная наружной среды;  $t_{нов}$  - неизвестная изменяющаяся в течение года температура поверхности грунта;  $\alpha_n$  - известный коэффициент теплообмена на поверхности грунта, может быть переменным в течение времени в зависимости от скорости ветра;  $q_{ср}$  - интенсивность суммарной солнечной радиации, падающей на поверхность грунта;  $P$  -

коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью грунта;  $q_{д.в.}$  - тепловой поток длинноволнового излучения с поверхности грунта в атмосферу Земли;  $\varepsilon$  - степень излучающего тела.

Согласно литературным рекомендациям [2,3], основывающимся на исследованиях, значение теплового потока для горизонтальных поверхностей следует принимать равным 63 Вт/м<sup>2</sup>, а тепловой поток составляет 66 Вт/м<sup>2</sup>. Исследования по переносу длинноволнового излучения в атмосфере указывают на возможность расчета теплового потока с помощью температуры небосвода, равной температуре поверхности облаков, составляющей -12 °С. Коэффициент теплоотдачи поверхности земли  $\alpha_n$ ,

$$\alpha_n = 1.16(5 + \sqrt{v}),$$

где  $v$  - скорость ветра в рассматриваемый момент времени.

Начальным этапом решения поставленной задачи является расчет одномерного температурного поля грунта без учета влияния фазового перехода влаги в порах грунта при сезонном промерзании и оттаивании.

Для решения задачи используем пакет прикладных программ MATLAB. Его применение позволило разработать программу на ЭВМ, с помощью которой были получены графики распределения температуры по времени вглубь грунта.

Типичная зависимость одного из численных экспериментов – на рис. 1 и 2.

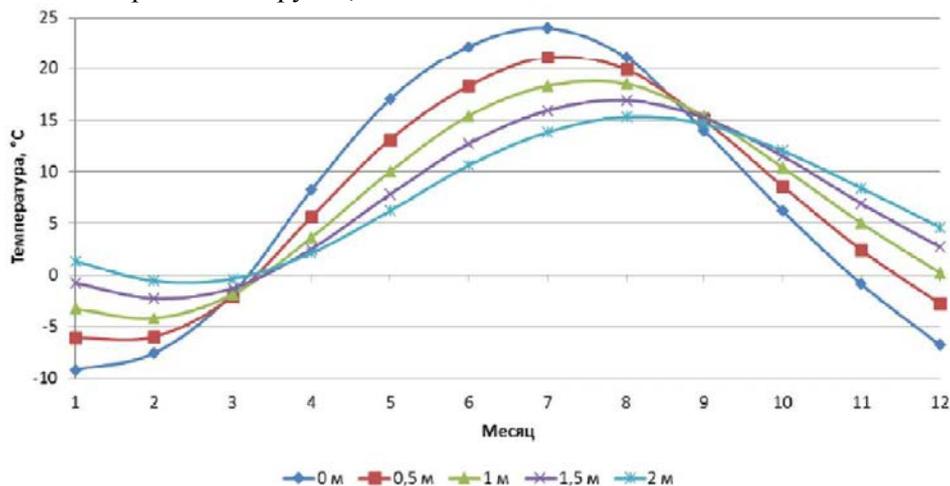


Рис. 1. Распределения температуры во времени по глубине грунта до 2 м

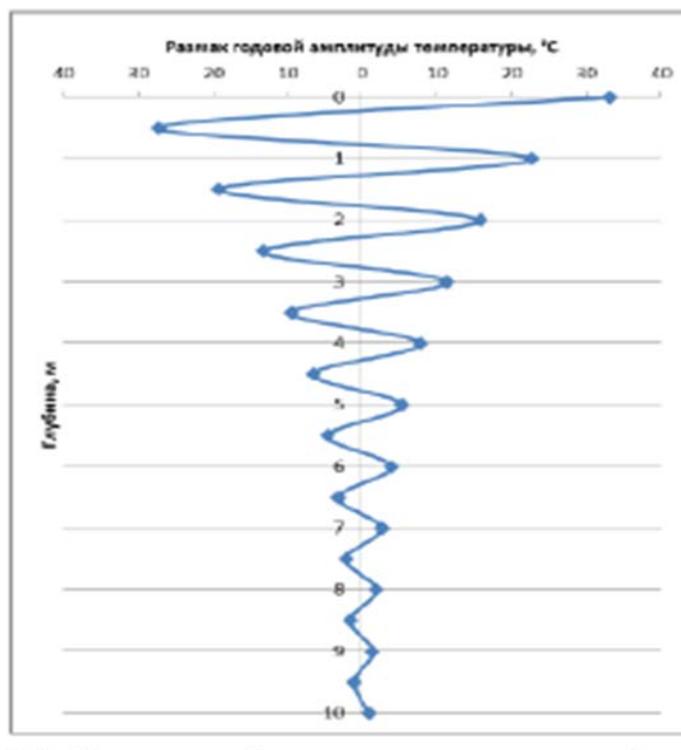


Рис. 2. Размах годовой амплитуды температуры в глубь грунтового массива

Анализ полученных данных показывает, что характер затухания амплитуды температуры вглубь грунтового массива достаточно хорошо совпадает с натурными исследованиями, приведенными в литературе, хотя и имеет больший размах вследствие того, что на данном этапе не учитывались процессы сезонного промерзания и оттаивания грунта и влияние снежного покрова.

#### Л и т е р а т у р а

1. Дячек. П.И. Теплоптери через полы по грунту и заглубленные части зданий/ П.И Дячек, С.А/Макаревич//Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в промышленности. – 2009. - №3. – с 15-18.

2. Кондратьев К.Я. Расчет потерь теплоты заглубленных частей здания/ К.Я. Кондратьев. – М., Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1950. – 287 с.

3. Кулжинский Ю.А. Определение теплопотерь через охлаждающие конструкции подземных сооружений/ Ю.А. Кулжинский. – М.: ВИА, 1960. – 64 с.

4. Иванов Д.С. Определение теплопотерь заглубленных частей зданий расчетом трехмерного температурного поля/ Д.С. Иванов. – М.: МГСУ. – 2011.

5. Anderson, E.A. Calculation of the steady heat transfer through floor/ E.A. Anderson// Building and Enviroment,#26. – 1991. – pp. 405-415.

#### **Коваленко А.О., Андрійчук М.Д. Модель нестационарного теплообміну підземної частини будівлі**

*В роботі наведено математичну модель процесу теплопереносу підземної частини будівлі. Розроблено алгоритм і програму її реалізації в пакеті прикладних програм SIMULINK. Показано задовільний збіг розрахункових та експериментальних даних.*

**Ключові слова:** математична модель, теплоперенос, будівля, програма реалізації.

#### **Alim A. Kovalenko, Nikolay D. Andriychuk The unsteady heat transfer model of underground part of the building**

*In the article the mathematical model of heat transfer process of the underground part of the building was presented. The algorithm and the program of its implementation in the software package SIMULINK were developed. A satisfactory agreement between the calculated and experimental data was showed.*

**Key words.** mathematical model, heat transfer, building, program implementation.

**Андрійчук Николай Данилович**, доктор технических наук, профессор, Профессор кафедры Вентиляции, теплогазо- и водоснабжения Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального

хозяйства Луганского государственного университета имени Владимира Даля.

**Коваленко Алим Алексеевич**, к.т.н профессор, профессор кафедры гидрогазодинамики, ГОУ ВПО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

УДК 622.5+535+504

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД

**Кузьменко А.Н., Высоцкий С.П.**

### DEVELOPMENT OF METHODS MINE WATER TREATMENT

**Vysotsky S.P., Kuzmenko A.N.**

*Для уменьшения загрязнения наземных и подземных вод необходимо вводить профилактические мероприятия по уменьшению вредного воздействия. На сегодняшний день проведено множество исследований в данной области, разработаны и совершенствованы различные методы очистки шахтных вод. В статье рассмотрены основные этапы очистки шахтных вод от загрязнителей различной конфигурации. Сделан вывод, что все известные виды очистки лишь уменьшают негативное воздействие, а не предотвращают его.*

**Ключевые слова:** шахтные воды, обеззараживание, фильтрация, отстаивание, водоснабжение, хлорирование.

Горнодобывающая промышленность – важнейшая отрасль производства нашего региона. Угольная промышленность оказывает ощутимое негативное воздействие на атмосферный воздух, природный ландшафт, а также поверхностные водоёмы, находящиеся непосредственно в близости и на значительном расстоянии от предприятия. Очистка шахтных вод – важный компонент охраны окружающей среды. Вода, проходя через породы, обогащается минеральными элементами. Попадание шахтной воды в водоёмы приводит к снижению рекреационно-хозяйственных функций, проблемам водоснабжения, заболачиванию и т.д. [1].

Свойства и состав шахтных вод зависит от многих факторов. Показатели загрязнения шахтных вод индивидуальны для каждого угольного бассейна. Зачастую отмечают повышенное содержание солей (сульфатов, хлоридов, карбонатов), железа, иногда

марганца. По этой причине очистку и деминерализацию шахтных вод осуществляют сочетанием механических, химических, физических и биологических способов [2].

Механические методы, такие как осветление, фильтрация, отстаивание, используются в основном для освобождения воды от механических примесей различной крупности, например, проволоки, ветоши, кусков дерева, частичек угля, а также песка, земли, окалины, взвешенных органических веществ, масел и нефтепродуктов и т.д.

При химических методах очистки воды применяют реагенты для изменения химического состава примесей или их структуры (коагулирование и флокулирование, нейтрализация, обеззараживание, обессоливание).

Физические методы – это извлечение и обезвреживание вредных примесей путем изменения агрегатного состояния воды, воздействуя на стоки ультразвуком, магнитным полем, ультрафиолетом и т.п. Эти методы применяют для очистки вод от любых видов загрязняющих веществ в растворенном, взвешенном, коллоидном и других видах состояния.

Биологические методы применяются для очистки воды, содержащей загрязнения органического происхождения.

Для реализации этих методов применяют:

- пруды-отстойники;
- горизонтальные, вертикальные и радиальные отстойники;

- скорые напорные и открытые однослойные и двухслойные фильтры;
- контактное осветление.

В шахтной воде содержатся очень мелкие частицы, вплоть до коллоидных. Такие частицы оседают медленно. Это связано не только с малой массой частиц, но и с отсутствием самопроизвольной коагуляции. Поэтому механическое осаждение является «грубой» очисткой и широко не применяется. Для ускорения процесса оседания частиц применяют химический метод обработки воды – вносят коагуляты и флокулянты. В результате взвешенные вещества слипаются в более крупные и тяжелые хлопья, которые легко оседают. Укрупнение частиц происходит из-за разности зарядов загрязнителей и вносимых коагулянтов и флокулянтов. В качестве реагентов используют сернокислое хлорное железо, сернокислый алюминий, полиакриламид и потиэтиленимин [2].

Фильтрация применяется для глубокой одноступенчатой очистки шахтных вод (до 5 мг/л) с небольшим исходным содержанием взвешенных веществ или в качестве второй ступени очистки после отстаивания или осветления в слое взвешенного осадка. Все известные типы фильтров обеспечивают практически одинаково высокое качество очистки, но отличаются друг от друга по конструктивному исполнению, технологическим параметрам и предельной величине концентрации взвешенных веществ в исходной воде. При снижении концентрации взвешенных веществ в воде, подаваемой на фильтры, эффективность и экономичность их работы повышается [3].

Завершающий этап очистки шахтных вод – очистка от бактериальных примесей. Зачастую производится путем хлорирования, применяя жидкий хлор, хлорную известь, гипохлорит натрия или бактерицидного излучения. Доза хлора определяется в каждом отдельном случае индивидуально по результатам лабораторных исследований, по данным бактериального анализа, вида водопользования и степени загрязненности воды. Хлорирование имеет ряд недостатков: токсичность, неэффективность на спорообразующие бактерии, ухудшение органолептических свойств воды. Всех этих недостатков лишено бактерицидное излучение. Говоря об этом способе, стоит отметить, что бактерицидное действие во много раз быстрее, чем у хлора, практически мгновенное. Все чаще для обеззараживания воды применяют озонирование. Но такой способ не дает пролонгированного эффекта, к тому же стоимость озонирования во много раз превышает стоимость хлорирования [2].

Горное производство оказывает значительное негативное влияние на все области окружающей среды. Чистота поверхностных вод зависит от ввода в действие разнообразных устройств и сооружений, предназначенных для охраны гидросферы. Следует отметить, что подобные меры лишь уменьшают негативное воздействие, а не предотвращают его. Данная проблема может быть решена только на основе безотходного производства, что на данном этапе развития горной промышленности невозможно. Схема технологического процесса очистки и обеззараживания шахтных вод от примесей различной степени дисперсности приведена на рис. 1 [4].

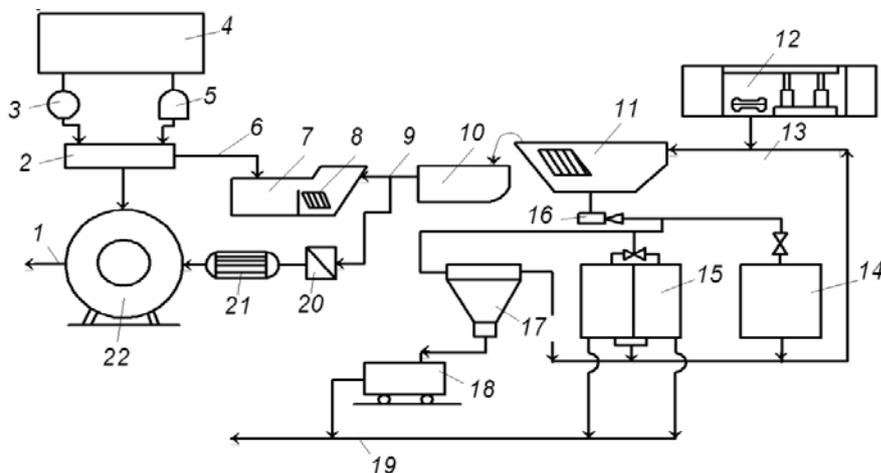


Рис. 1. Схема технологической системы мероприятий и сооружений для снижения загрязненности шахтных вод в подземных условиях:

1 – шахта; 2 – водонакопитель; 3 – скважина; 4 – пространство отработанных горизонтов шахты; 5 – погашенная выработка; 6 – трубопровод; 7 – центральный водосборник шахты; 8 – обособленный отстойник или отстойная камера; 9 – трубопровод; 10 – водосборник; 11 – предварительный отстойник; 12 – очистной или подготовительный забой; 13 – водоотливные канавки; 14 – выработанное пространство; 15 – шламонакопители; 16 – гидромеханизированная установка; 17 – гидроциклонные сгустители; 18 – вагоны с сетчатыми днищем (бортами); 19 – цепочка; 20 – узел реагентной обработки воды; 21 – фильтры; 22 – бактериологический узел.

#### Л и т е р а т у р а

1. Серпокрьлов Н.С., Щербаков С.А. Повышение эффективности очистки шахтных вод // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2011. Вып. 3(17). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.vestnik.vgasu.ru](http://www.vestnik.vgasu.ru).

2. Очистка шахтных вод на предприятиях угольной промышленности: сб. статей под ред. Б. Б. Немковского. Пермь. Книжное издательство, 1973.

3. Свистунов О.С. Снижение вредного влияния горного производства на окружающую природную среду. Очистка шахтных вод. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://masters.donntu.org/2002/fema/svistunov/electr\\_olibr/book2/2.htm](http://masters.donntu.org/2002/fema/svistunov/electr_olibr/book2/2.htm)

4. Малеев В.Б., Скорынин Н.И., Кудрявцев А.А. Стратегия использования шахтных вод для нужд народного хозяйства – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2011.

#### **Висоцький С.П., Кузьменко А.Н. Розробка методів очищення шахтних вод**

*Для зменшення забруднення наземних і підземних вод, необхідно вводити профілактичні заходи щодо зменшення шкідливого впливу. На сьогоднішній день проведено безліч досліджень у цій галузі, розроблено і вдосконалено різні методи очищення шахтних вод. У статті розглянуто основні етапи очищення шахтних вод від забруднювачів різної конфігурації. Зроблено висновок, що всі відомі види очищення лише*

*зменшують негативний вплив, а не запобігають йому.*

**Ключові слова:** шахтні води, знезараження, фільтрування, відстоювання, водопостачання, хлорування.

#### **Vysotsky S.P., Kuzmenko A.N. Development of methods mine water treatment**

*To reduce the pollution of surface and groundwater, it is necessary to introduce preventive measures to reduce harmful effects. To date, many studies in this area have been developed and perfected various methods of treatment of mine waters. The article describes the main stages cleanse mine water from the pollutants of various configurations. It was concluded that all known types of cleaning only reduce the negative impact, but do not prevent it.*

**Key words:** mine water, disinfection, filtration, sedimentation, water chlorination.

**Высоцкий Сергей Павлович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экология и БЖД» Автомобильно-дорожного института ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет».

**Кузьменко Александра Николаевна**, бакалавр студентка группы ЭООС-12 Автомобильно-дорожного института ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет».

УДК 628.316.13

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОБИОТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНТЕНСИФИЦИРОВАТЬ ПРОЦЕССЫ ОЧИСТКИ СТОЧНОЙ ВОДЫ

Маркин В. В.

## STUDIES OF ABILITY OF DIFFERENT PROBIOTIC AGENTS TO INCREASE THE INTENSITY OF THE PROCESS OF WASTEWATER TREATMENT

Vyacheslav Markin

*Выполнены исследования влияния пробиотических средств (PIP+WATER, SCD Bio Klean, Microbec, Oxydol, Водограй + очистные сооружения) на процессы очистки сточных вод. Определена способность исследованных пробиотиков интенсифицировать очистку сточной воды, уменьшать уровень выделения неприятных запахов от сточной жидкости.*

**Ключевые слова:** пробиотики, очистка, сточные воды, интенсификация, БПК<sub>5</sub>, взвешенные вещества, азот аммонийный.

**Пробиотики-препараты,** содержащие живые микроорганизмы и вещества микробного происхождения, оказывающие при естественном способе введения позитивные эффекты на физиологические, биохимические и иммунные реакции организма хозяина через стабилизацию и оптимизацию функций его нормальной микрофлоры [3].

В настоящее время пробиотические средства наиболее широко применяются в медицине и ветеринарии, благодаря обширному диапазону лечебно-профилактического действия и экологической безопасности [1;2].

Использование препаратов, содержащих пробиотические бактерии, в области очистки сточных вод является сравнительно новым направлением и широкого применения не имеет, как и значительной изученности.

В работе выполнены лабораторные исследования влияния пробиотических средств на процессы очистки сточных вод. В опытах моделировалась схема введения пробиотиков на канализационных очистных сооружениях перед первичными отстойниками.

Всего исследовалось пять пробиотических средств: PIP + WATER (Chrizal, Бельгия), SCD Bio Klean (SCD Probiotics, США), Microbec (Bros Sp, Польша), "Оксидол" (Agranco corp., США), Водограй+очистные сооружения (Biosystems Europe, Великобритания).

Схема проведения опытов следующая. Сточную воду, отобранную на очистных сооружениях перед первичными отстойниками, помещали в цилиндрические емкости (W=2дм<sup>3</sup>) высотой 40 см с конусным дном. После чего в емкость №1 добавляли готовый раствор пробиотика заданной концентрации. Емкость №2 – контрольная, без добавления пробиотика. Сточная вода находилась в отстойниках 50 мин. без перемешивания, после чего ее тщательно перемешивали и давали отстояться еще 40 мин. После отстаивания из конусных частей отстойников через специальные отверстия выпускали осевший осадок. Общее время обработки сточной жидкости пробиотиками составляло 1,5 часа. Продолжительность отстаивания в емкостях глубиной 40 см (40 мин.) соответствовало времени отстаивания в реальном отстойнике с рабочей глубиной 3 м в течение 1,5 часа.

На этом этапе механической очистки завершался, и начинали этап очистки биологической с активным илом, предварительно отобрав часть осветленной жидкости для анализов (400-450мл). После отбора воды для проб в емкостях оставалось около 1,5 дм<sup>3</sup> сточной воды. Далее в каждую емкость заливали 400 мл активного ила. Доза ила по сухому веществу в получившейся

иловой смеси составляла в среднем 2,0-2,5 г/дм<sup>3</sup>. После добавления ила жидкость в емкостях аэрировали с помощью аквариумных компрессоров. В качестве системы аэрации выступали аквариумные распылители, помещаемые в низ конусной части.

По истечении заданного времени аэрации, которое составляло 12 часов, подачу воздуха останавливали и давали иловой смеси отстояться 40 мин. так как рабочая высота оставалась прежней (40 см). После отстаивания отбирали надильную воду на анализ 500 мл. Далее снова включали аэрацию для поддержания активности ила.

Перед следующим опытом иловую смесь отстаивали, активный ил сливали через выпуски в нижней части емкостей в буферные цилиндры, в которых она находилась 1,5-2 часа перед следующим этапом работы.

Осветленную сточную воду анализировали на взвешенные вещества (ВВ), БПК<sub>5</sub>, азот аммонийный (АА). Механически и биологически очищенную воду анализировали на эти же показатели, а также определяли дозу ила по объему и по сухому веществу в иловой смеси, фиксировали уровень запаха в исходной, осветленной и биологически очищенной воде.

Сточную воду и активный ил для проведения опытов отбирали на канализационных очистных сооружениях г. Селидово. Концентрации загрязнений в сточной жидкости составляли: ВВ и БПК<sub>5</sub> - 280÷300 мг/дм<sup>3</sup>, АА – около 60 мг/дм<sup>3</sup>.

В исследованиях использовали рекомендованные производителями дозы пробиотических препаратов: PIP+Water - 40 мл/м<sup>3</sup>, SCD Bio Klean - 30 мл/м<sup>3</sup>, Microbес - 9 г/м<sup>3</sup>, “Оксидол” – 0,3 г/м<sup>3</sup>, “Водограй+ОС” - 20 г/м<sup>3</sup>.

Всего было проведено по пять опытов с каждым видом пробиотика. Дозы пробиотических средств, время отстаивания, время аэрации были постоянными. Температура сточной воды на протяжении опытов составляла около 20±2°С.

Результаты исследований воздействия подопытных пробиотических средств на процессы очистки сточных вод при их введении перед первичным отстаиванием такие.

При введении PIP+WATER эффективность очистки увеличивается:

- первичного отстаивания: по БПК<sub>5</sub> на 16,5%, по ВВ на 17,2%;

- биологической очистки:

- по БПК<sub>5</sub> на 9,6% (разница с контролем – 28,0 мг/дм<sup>3</sup>), конечное значение в линии с пробиотиком – 13,0 мг/дм<sup>3</sup>;

- по ВВ на 8,8% (разница с контролем – 25,0 мг/дм<sup>3</sup>), конечная концентрация в линии с пробиотиком – 14,0 мг/дм<sup>3</sup>;

- по азоту аммонийному на 30,8% (разница с контролем – 19,1 мг/дм<sup>3</sup>), конечное значение в линии с пробиотиком – 0,9 мг/дм<sup>3</sup>.

При использовании SCD Bio Klean эффективность очистки возрастает:

- первичного отстаивания: по БПК<sub>5</sub> на 9,4%, по ВВ на 8,1%;

- биологической очистки:

- по БПК<sub>5</sub> на 6,6% (разница с контролем – 19,0 мг/дм<sup>3</sup>), конечное значение в линии с пробиотиком – 20,0 мг/дм<sup>3</sup>;

- по ВВ на 5,4% (разница с контролем – 16,0 мг/дм<sup>3</sup>), конечная концентрация в линии с пробиотиком – 25,0 мг/дм<sup>3</sup>;

- по азоту аммонийному на 8,3% (разница с контролем – 5,0 мг/дм<sup>3</sup>), конечное значение в линии с пробиотиком – 12,0 мг/дм<sup>3</sup>.

При использовании Microbес эффективность очистки повышается:

- первичного отстаивания: по БПК<sub>5</sub> на 4,5%, по взвешенным веществам на 4,2%;

- биологической очистки:

- по БПК<sub>5</sub> на 2,8% (разница с контролем – 8,0 мг/дм<sup>3</sup>), конечное значение в линии с пробиотиком – 32,0 мг/дм<sup>3</sup>;

- по ВВ на 3,2% (разница с контролем – 9,0 мг/дм<sup>3</sup>), конечная концентрация в линии с пробиотиком – 29,0 мг/дм<sup>3</sup>;

- по азоту аммонийному на 4,9% (разница с контролем – 3,0 мг/дм<sup>3</sup>), конечное значение в линии с пробиотиком – 15,0 мг/дм<sup>3</sup>.

При введении препарата “Оксидол” эффективность очистки увеличивается:

- первичного отстаивания: по БПК<sub>5</sub> на 14,6%, по ВВ на 15,5%;

- биологической очистки:

- по БПК<sub>5</sub> на 8,8% (разница с контролем – 26,0 мг/дм<sup>3</sup>), конечное значение в линии с пробиотиком – 14,0 мг/дм<sup>3</sup>;

- по ВВ на 8,3% (разница с контролем – 24,0 мг/дм<sup>3</sup>), конечная концентрация в линии с пробиотиком – 15,0 мг/дм<sup>3</sup>;

- по азоту аммонийному на 27,8% (разница с контролем – 16,4 мг/дм<sup>3</sup>), конечное значение в линии с пробиотиком – 1,6 мг/дм<sup>3</sup>.

При использовании “Водограй+очистные сооружения” эффективность очистки возрастает:

- первичного отстаивания: по БПК<sub>5</sub> на 4,6%, по ВВ на 5,2%;
- биологической очистки:
  - по БПК<sub>5</sub> на 3,2% (разница с контролем – 9,0 мг/л), конечное значение в линии с пробиотиком – 29,0 мг/л;
  - по ВВ на 3,1% (разница с контролем – 9,0 мг/л), конечная концентрация в линии с пробиотиком – 32,0 мг/л;
  - по азоту аммонийному на 5,3% (разница с контролем – 3,0 мг/л), конечное значение в линии с пробиотиком – 16,0 мг/л.

Фекальный запах после введения PIP+Water, Bio Klean, “Оксидол” и первичного отстаивания слабо ощущался только возле поверхности жидкости, при использовании “Водограй+очистные сооружения” и Microbec практически не ощущался возле емкости с жидкостью, но четко ощущался возле поверхности воды. В контрольных емкостях после первичного отстаивания резко фекальный запах четко ощущался даже на расстоянии 2-3 м от емкости с жидкостью.

Таким образом, наибольшее увеличение общей эффективности очистки получено при использовании пробиотических средств PIP + Water и “Оксидол”. Остальные испытанные средства показали более низкий процент увеличения эффекта очистки.

Все испытанные пробиотические препараты показали способность более или менее эффективно снижать уровень образования неприятных запахов уже после первичного отстаивания. Наибольший эффект был получен при использовании PIP+Water, “Оксидол” и SCD Bio Klean.

Учитывая все изученные влияния и факторы, а также то, что требуемая дозировка “Оксидола” меньше, чем PIP+Water, “Оксидол” является наиболее оптимальным и перспективным для дальнейших исследований и использования.

#### Л и т е р а т у р а

1. Алешкин В.А. Становление пробиотикотерапии в России / Алешкин В.А., Афанасьев С.С., Поспелова В.В. и др. // Вестник РАМН. – 2005. – № 12. – С. 3 – 13.
2. Ноздрин Г.А. Пробиотические препараты и направления их использования в ветеринарии / Г.А. Ноздрин // Новые пробиотические и иммунные препараты в ветеринарии. Материалы Росс. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2003.
3. Сорокулова И.Б. Рекомбинантные пробиотики: проблемы и перспективы использования в медицине и ветеринарии / Сорокулова И.Б., Белявская В.А., Масычева В.А. и др. // Вестник РАМН, 1997. - № 3. - С.46 - 49.

#### **Маркін В.В. Дослідження здатності різних пробіотичних засобів інтенсифікувати процеси очищення стічних вод**

*Виконано дослідження впливу пробіотичних засобів PIP+WATER, SCD Bio Klean, Microbec, Oxydol, Водограй + очисні споруди) на процеси очищення стічних вод. Визначена здатність досліджених пробіотиків інтенсифікувати очищення стічної води, зменшувати рівень виділення неприємних запахів від стічної рідини.*

**Ключові слова:** пробіотики, очищення, стічна вода, інтенсифікація, БСК<sub>5</sub>, завислі речовини, азот амонійний.

#### **Vyacheslav Markin. Studies of ability of different probiotic agents to increase the intensity of the process of wastewater treatment.**

*Studies of the effect of probiotic agents (PIP+WATER, SCD Bio Klean, Microbec, Oxydol, Vodograi + Wastewater Treatment Plant) on the wastewater treatment process have been performed. The ability of probiotics to intensify the treatment of waste water, to reduce the level of discharge of odors from waste water have been determined.*

**Key words:** probiotics, treatment, waste water, intensification, BOD<sub>5</sub>, suspended solids, ammonia nitrogen.

**Маркин Вячеслав Владимирович**, аспирант. Донбасская национальная академия строительства и архитектуры.

УДК 628.16.0

## ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТНОГО СОСТАВА ВОДЫ ПРИ ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ

Найманов А.Я., Трякина А.С.

## JUSTIFICATION OF CALCULATED COMPOSITION OF THE WATER FOR THE SELECTION OF TECHNOLOGICAL SCHEME OF PURIFICATION

Aubekir Naimanov, Alyena Tryakina

*В работе представлена математико-статистическая обработка данных показателей качества воды, влияющих на подбор технологической схемы очистки. Определены расчетные значения показателей качества воды и расчетные продолжительности стояния повышенных величин мутности и цветности воды при различных величинах обеспеченности. Выполнен расчет снижения производительности очистных сооружений с одноступенчатым фильтрованием, в сравнении со стандартной двухступенчатой схемой очистки.*

**Ключевые слова:** показатели качества воды, водопроводные очистные сооружения, технологическая схема очистки

Определяющее влияние на состав очистных сооружений водопровода оказывает расчетный состав воды в источнике водоснабжения. Показатели качества воды в поверхностных источниках обычно испытывают значительные колебания как по сезонам года, так и по годам наблюдений. Нормативные документы [1, 2] требуют назначать состав очистных станций водопровода по максимальным величинам показателей за все годы наблюдений, но не менее трех лет. Это требование приводит, в ряде случаев, к значительному удорожанию очистных станций при их строительстве и эксплуатации.

В практике проектирования и эксплуатации водопроводных очистных сооружений (ВОС) инженерные методы и технологии использования гидрохимической информации недостаточно разработаны и не дают четких рекомендаций обработки, анализа и расчетов исходных данных по водоисточникам. Для снижения затрат при

проектировании, строительстве или реконструкции ВОС требуется научно обоснованное снижение максимальных значений расчетных концентраций ингредиентов при одновременном сохранении санитарно-гигиенической надежности проектируемых сооружений.

Определяющими показателями, влияющими на выбор схемы водопроводных очистных сооружений, являются мутность и цветность. Качество воды на выходе из резервуара должно соответствовать нормативным требованиям, но не по всем показателям удается достичь этого результата. Связано это с тем, что нормативные требования по качеству воды при разработке существующих очистных сооружений значительно отличались от современных нормативных требований, и к тому же имеет место многолетнее изменение качества воды в источнике. В связи с тем, что проектом МФС не предусмотрены технологические процессы умягчения и обессоливания воды, качество питьевой воды по этим показателям практически соответствует качеству воды в источнике. В результате анализа качества воды в канале Северский Донец – Донбасс [3] выявлено, что жесткость значительную часть времени превышает нормативные значения, что не является допустимым. Все это говорит о том, что при разработке методики определения расчетных значений показателей качества воды необходимо принимать во внимание не только мутность и цветность, но и другие показатели, которые превышают нормативные значения для питьевой воды.

Далее для выбранных показателей качества необходимо рассчитать статистические параметры (табл. 1) и построить кривые дифференциального и интегрального распределения. Затем по построенным кривым

интегрального распределения определяются расчетные значения каждого показателя с различными величинами обеспеченности, которые наиболее широко используются в науке и технике (табл. 2).

Т а б л и ц а 1

## Результаты статистической обработки

Показатель	Мода	Среднее значение	Медиана	Минимум	Максимум	Дисперсия	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации	Асимметрия	Экцесс
Цветность, град	16	16,68	16	5	48	11,3	3,36	20,13	1,71	7,71
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	0,58	3,92	3,03	0,47	35,37	10,8	3,29	84,05	2,52	11,02
Жесткость, моль/дм <sup>3</sup>	6,7	7,09	7,1	5,4	9,3	0,6	0,76	10,75	0,18	-0,55
Перманганатная окисляемость, мг/дм <sup>3</sup>	6	6,16	6,1	4,0	9,9	0,5	0,73	11,93	0,96	2,79
ОМЧ при 37 °С	110	377	180	11	3700	168880	411	108,9	1,59	3,1
Коли-индекс	59	655	240	19	9900	848810	921	140,6	3,31	18,26

Т а б л и ц а 2

## Расчетные значения показателей качества воды при различной величине обеспеченности

Показатель	Обеспеченность, %			
	15	10	5	1
Цветность, град	19,12	19,96	21,78	28,48
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	6,62	7,8	9,72	16,98
Жесткость, моль/дм <sup>3</sup>	7,99	8,16	8,44	8,94
Окисляемость, мг/дм <sup>3</sup>	6,74	6,92	7,30	8,74
ОМЧ при 37 °С	843	989	1185	1724
Коли-индекс	1519	1767	2237	4231

Из таблицы 2 видно, что чем больше величина обеспеченности, тем меньше расчетное значение показателя качества воды. И даже при обеспеченности 1 % полученные значения показателей качества воды, за исключением жесткости и окисляемости, практически в два раза меньше своих максимальных значений.

Если руководствоваться требованиями [1, 2] по обеспеченности гидрологических характеристик при выборе водозаборов, то максимальные требования предъявляются при выборе максимального уровня воды в источнике. Здесь требуется обеспеченность 1 %, то есть выбранная величина показателя может быть превышена только

один раз за сто лет наблюдений. В данном случае если провести параллель между обеспеченностью гидрологических характеристик и обеспеченностью гидрохимических показателей, то допустимо в качестве расчетного значения выбрать величину обеспеченности 1 %. При использовании двух источников водоснабжения водопроводные очистные станции могут проектироваться на обеспеченность показателей качества воды 5 % или даже 10 %. Если для выбора расчетного состава воды использовать предложенную методику, то в качестве расчетных значений будут выбраны значения меньше максимальных, что приведет к изменению состава очистных сооружений и

снижению затрат на строительство и эксплуатацию водопроводных очистных сооружений. Однако возникает вопрос о поддержании санитарно-гигиенической надежности данных сооружений, так как возникает вероятность того, что выбранные сооружения могут не справиться с очисткой воды в случае превышения расчетных концентраций.

Определенное значение имеет продолжительность стояния повышенных величин мутности и цветности воды (паводки). Обычно наблюдается не менее двух паводков в год, но, кроме этого, повышение мутности и цветности может происходить в результате сильных дождей и при цветении водоемов. В это время водопроводные очистные станции работают с повышенной нагрузкой. Для того чтоб определить расчетную продолжительность паводка, были подсчитаны продолжительности паводков (периодов повышенной мутности и цветности) за весь рассматриваемый период времени. Затем по полученным данным были построены гистограммы распределения продолжительности паводков по показателям мутность и цветность. По построенным кривым интегрального распределения определяются расчетные длительности паводков с различными величинами обеспеченности (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

**Расчетные длительности паводков (суток) при различной величине обеспеченности**

Длительность паводка, сутки	Обеспеченность, %			
	15	10	5	1
По показателю мутность	3,3	4,0	6,0	8,0
По показателю цветность	2,7	3,5	5,5	8,05

В результате можно задаться расчетной продолжительностью паводка для дальнейших расчетов. Так как необходимо постоянно поддерживать санитарно-гигиеническую надежность водопроводных очистных сооружений, то целесообразнее принимать длительность паводка с обеспеченностью 1% или 5%.

Вода канала Северский Донец – Донбасс основную часть времени является маломутной и малоцветной [1, 2], поэтому теоретически было бы достаточно одноступенчатого фильтрования на скорых фильтрах вместо существующей схемы очистки горизонтальные отстойники – скорые фильтры. Но в вышеописанные периоды стояния повышенных величин мутности и цветности производительность очистных сооружений с одноступенчатым фильтрованием и одним источником водоснабжения будет снижена.

Для того чтобы рассчитать, насколько снизится производительность очистных сооружений, необходимо определить продолжительность работы скорых фильтров между промывками (фильтроцикл)

при существующей двухступенчатой схеме и в случае использования только фильтров. Фильтроцикл можно рассчитать, используя грязеемкость фильтрующей загрузки скорого фильтра. В результате расчетов продолжительности работы фильтров между промывками составили: при фильтровании обработанной реагентами и отстоенной воды - 16-24 часа; при фильтровании коагулированной и неотстоенной воды - 2,9-3,6 часа.

При использовании только скорых фильтров и при наличии одного источника водоснабжения всю расчетную продолжительность паводка производительность очистных сооружений будет снижена почти на 80%. При наличии же минимум двух источников водоснабжения очистным сооружениям просто необходимо будет перейти на резервный источник водоснабжения на период паводка. Как было рассчитано ранее, расчетная продолжительность паводка для канала Северский Донец – Донбасс не превышает восьми дней.

**Л и т е р а т у р а**

1. Державні будівельні норми. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди [Текст]: ДБН В.2.5-74:2013. - К.: Мінрегіон України, 2013. - 172 с.
2. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст]: СНиП 2.04.02-84\*. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. - 176 с.
3. Трякина, А.С. Исследование гидрохимического режима канала Северский Донец - Донбасс [Текст] / А.С. Трякина // Науково-технічний збірник «Вісник ДонНАБА. Інженерні системи та техногенна безпека». Вип. 2014-5(109): Макіївка: Вид-во ДонНАБА, 2014. – С. 5-10.

**Найманов А.Я., Трякіна А.С. Обґрунтування розрахункового складу води при виборі технологічної схеми очищення.**

*У роботі представлена математико-статистична обробка даних показників якості води, що впливають на підбір технологічної схеми очищення. Визначено розрахункові значення показників якості води та розрахункові тривалості стояння підвищених величин каламутності та кольоровості води при різних величинах забезпеченості. Виконано розрахунок зниження продуктивності очисних споруд з одноступінчастим фільтруванням, у порівнянні зі стандартною двоступеневою схемою очищення.*

**Ключові слова:** показники якості води, водопровідні очисні споруди, технологічна схема очищення.

**Aubekir Naimanov, Alyena Tryakina. Justification of calculated composition of the water for the selection of technological scheme of purification.**

*The paper presents a mathematical and statistical processing of data of water quality which affect the selection of technological scheme of*

purification. Were determined the calculated values of water quality and the calculated durations of standing of elevated values of turbidity and chromaticity of water at different values of provision. The calculation of the degradation of productivity of the water treatment plants with single filtration compared with the standard two-step purification scheme was made.

**Key words:** water quality, water treatment plants, technological scheme of purification.

**Найманов Аубекир Ягопирович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Городское строительство и хозяйство». ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**Трякина Алена Сергеева**, ассистент кафедры «Городское строительство и хозяйство». ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

УДК 628.16

## ДВОЙСТВЕННЫЙ ХАРАКТЕР НАДЕЖНОСТИ КОЛЬЦЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Найманов А.Я., Турчина Г.С.

## AMBIVALENT CHARACTER OF RELIABILITY OF ANNULAR PLUMBING NETWORK

Aubekir Naimanov, Galina Turchina

Статья посвящена проблеме учета неравнозначности различных трубопроводов кольцевой водопроводной сети. Рассмотрены полный и параметрический отказы системы в совокупности с предложенной методикой учета неравнозначности участков при определении параметра безотказной работы кольцевых водопроводных сетей.

**Ключевые слова:** надежность, вероятность безотказной работы, кольцевая водопроводная сеть, площадь сечения труб, отказ системы.

Оценка надежности кольцевой водопроводной сети (КВС) представляет собой весьма трудную задачу и до сих пор не нашла общепринятого решения. Довольно большой ряд авторов предлагают решения, но удачного из них пока нет [1-4, 6-9]. Объясняется это тем, что существуют схемы соединений элементов сети – последовательная или параллельная. В свою очередь неопределенность порождает невозможность составления структурно-логической схемы сети. Попытки оценить надежность сети с помощью теории массового обслуживания дают не вполне корректные результаты из-за ряда некорректных допущений в решении [6].

Одним из вариантов достаточно простого решения может служить оценка надежности с учетом разной значимости участков сети. Для

этого предлагается ввести коэффициент значимости [5].

$$C_i = \frac{f_i}{F} = \frac{d_i^2}{D^2} = \left(\frac{d_i}{D}\right)^2, \quad (1)$$

здесь:  $d_i$  и  $f_i$  – диаметр и площадь сечения труб на участке;

$D$  и  $F$  – условный диаметр и площадь сечения трубопровода для пропускания всего подаваемого в сеть расхода воды  $Q$  при скорости течения  $V = 1$  м/с.

Сумма величин  $C_i$  всех участков кольцевой сети обычно изменяется от 1 (для тупиковой сети в одну линию) до 4 (для однокольцевой сети, все участки которой должны иметь диаметр  $D$  из условия надежности). Такая изменчивость делает данный параметр не вполне удобным. Удобнее значимость участка  $Z_i$  оценивать по величине отношения

$$Z_i = \frac{C_i}{\sum C_i} \quad (2)$$

Данная величина может изменяться от 0 до 1. Чем выше значимость участка, тем сильнее его отказ влияет на надежность сети.

Надежность кольцевой сети носит двойственный характер из-за неопределенности

вида соединений участков. Катастрофическим (полным) отказом сети как технической системы может считаться одновременный отказ всех ее участков. Очевидно, что для такой системы характерно параллельное соединение участков сети. И оценку параметров надежности необходимости как для систем с параллельным соединением элементов при постоянном резервировании. Назовем эти параметры  $P_{кат}$  и  $K_{Гкат}$ . При большом количестве участков они близки 1.

Параметрический отказ сети наступает при отказе любого ее участка, поскольку отдача воды сетью при этом станет меньше расчетного значения. Очевидно, что такой характер носят отказы систем с последовательным соединением элементов. Назовем показателем параметрической надежности  $P_{пар}$  и  $K_{Г(пар)}$ . При большом количестве участков эти величины будут относительно небольшими. Но разные участки вносят разный вклад в отказ всей сети. Необходимо это учитывать с помощью коэффициентов значимости и вычисления приведенных величин параметров надежности участков. В частности, приведенная вероятность безотказной работы любого участка  $P_i^{прив}$  может быть вычислена по зависимости

$$P_i^{прив} = 1 - Q_i C_i, \tag{3}$$

где  $Q_i$  – вероятность отказа участка.

Тогда для всей сети

$$P_{пар}^{прив} = \prod_{i=1}^{i=n} P_i^{прив}, \tag{4}$$

где  $n$  – число участков сети.

Отметим, что надежность сети по отношению к катастрофическим отказам составит

$$P_{кат} = 1 - \left[ \prod_{i=1}^{i=n} (1 - P_i) \right]. \tag{5}$$

Итак, имеем две величины  $P_{пар}^{прив}$  и  $P_{кат}$  для сети. Общая надежность сети может быть вычислена по формуле (6) как среднегеометрическое

$$P_{сети} = \sqrt{P_{кат} \cdot P_{пар}^{прив}}. \tag{6}$$

Для системы, схема которой приведена на рис. 1, проводятся вычисления с учетом применения в сетях труб из различных материалов: полиэтилена, стали и серого чугуна. Полученные результаты сведены в таблицы и приведены ниже.

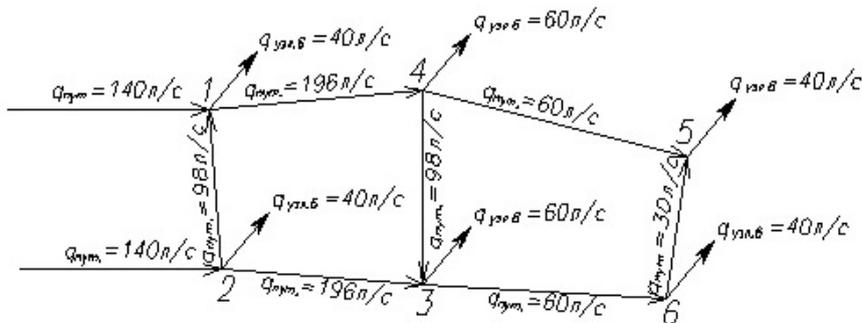


Рис. 1. Схема условной водопроводной сети с семью участками

Таблица 1

**Расчетные характеристики трубопроводов системы**

№ уч.	l, км	Расчетный расход $q_i$ , л/с*
1-2	0,5	98
2-3	0,75	196
3-4	0,6	98
4-1	0,8	196
2-5	1	60
5-6	0,45	30
6-3	0,9	60

\* – расход, принятый с учетом резервирования системы при увеличении диаметра труб для транспортирования потребителям не ниже 70% от требуемого водопотребления.

Таблица 2

## Расчетные показатели системы (материал труб – полиэтилен)

№ уч.	d, м	S <sub>i</sub>	Z <sub>i</sub>	$\lambda_i, \frac{1}{год}$	t, год	P <sub>i</sub>	Q <sub>i</sub>	Q <sub>iz</sub>	P <sub>iz</sub>
1-2	0,450	0,350	0,146	0,02	1	0,990051	0,009949	0,001453	0,998547
2-3	0,355	0,563	0,234	0,02	1	0,985113	0,014887	0,003483	0,996517
3-4	0,450	0,350	0,146	0,02	1	0,988073	0,011927	0,001741	0,998259
4-1	0,355	0,563	0,234	0,02	1	0,984129	0,015871	0,003714	0,996286
2-5	0,450	0,218	0,091	0,02	1	0,980201	0,019799	0,001802	0,998198
5-6	0,280	0,141	0,058	0,02	1	0,991041	0,008959	0,000520	0,999480
6-3	0,225	0,218	0,091	0,02	1	0,982163	0,017837	0,001623	0,998377

Таблица 3

## Расчетные показатели системы (материал труб – сталь)

№ уч.	d, м	S <sub>i</sub>	Z <sub>i</sub>	$\lambda_i, \frac{1}{год}$	t, год	P <sub>i</sub>	Q <sub>i</sub>	Q <sub>iz</sub>	P <sub>iz</sub>
1-2	0,300	0,250	0,120	0,32	1	0,852158	0,147842	0,017741	0,982259
2-3	0,450	0,563	0,270	0,32	1	0,786647	0,213353	0,057605	0,942395
3-4	0,300	0,250	0,120	0,32	1	0,825323	0,174677	0,020961	0,979039
4-1	0,450	0,563	0,270	0,32	1	0,774163	0,225837	0,060976	0,939024
2-5	0,250	0,174	0,083	0,32	1	0,726173	0,273827	0,022728	0,977272
5-6	0,200	0,111	0,053	0,32	1	0,865901	0,134099	0,007107	0,992893
6-3	0,250	0,174	0,083	0,32	1	0,749784	0,250216	0,020768	0,979232

Таблица 4

## Расчетные показатели системы (материал труб – серый чугун)

№ уч.	d, м	S <sub>i</sub>	Z <sub>i</sub>	$\lambda_i, \frac{1}{год}$	t, год	P <sub>i</sub>	Q <sub>i</sub>	Q <sub>iz</sub>	P <sub>iz</sub>
1-2	0,300	0,250	0,135	0,36	1	0,835286	0,164714	0,022236	0,977764
2-3	0,400	0,444	0,241	0,36	1	0,763401	0,236599	0,057020	0,942980
3-4	0,300	0,250	0,135	0,36	1	0,805753	0,194247	0,026223	0,973777
4-1	0,400	0,444	0,241	0,36	1	0,749784	0,250216	0,060302	0,939698
2-5	0,250	0,174	0,094	0,36	1	0,697702	0,302298	0,028416	0,971584
5-6	0,200	0,111	0,06	0,36	1	0,850455	0,149545	0,008973	0,991027
6-3	0,250	0,174	0,094	0,36	1	0,723275	0,276725	0,026012	0,973988

Таблица 5

## Сводная таблица по всем вероятностям безотказной работы сети согласно формулам (3-6)

	Материал труб		
	Полиэтилен	Сталь	Серый чугун
$P_{кат}$	1,000000	1,000000	1,000000
$P_{прив пар}$	0,985748	0,808610	0,791231
$P_{сети}$	0,992849	0,899227	0,889512

Расчет вероятности безотказной работы с учетом влияния, оказываемого различной значимостью участков в сети, позволяет

определить значения данного параметра с большей точностью. Подразумевается, что кольцевые системы

подачи и распределения воды могут полностью выйти из строя при отключении всех участков сети, т.е. последняя представляется как система параллельно соединенных элементов. Однако если произойдет авария на одном участке, то подача воды станет ниже расчетного значения, т.е. наступает так называемый «параметрический» отказ системы – невозможность поддерживать требуемый уровень одного из параметров нормальной работы сети, а именно, расчетное значение количества транспортируемой воды. Величина  $R_{\text{сети}}$  значительно выше величины произведения вероятностей безотказной работы участков  $PP_1$ . Это значит, что  $R_{\text{сети}}$  не является результатом последовательного соединения участков. В то же время подсчет величины  $R_{\text{сети}}$  при чисто параллельном соединении всех участков дает величину  $R_{\text{сети(П)}}$ , почти равную единице. Если рассматривать отказ кольцевых систем водоснабжения через совокупность конструктивной и параметрической оценки ее надежности, логично будет предположить их совместное решение согласно представленному методу расчета. Следовательно, можно считать что, предложенная методика оценки надежности кольцевой сети с учетом надежности участков может быть использована в практических целях.

#### Л и т е р а т у р а

1. Гальперин Е.М. Расчет кольцевых водопроводных сетей с учетом надежности функционирования / Е.М. Гальперин–Саратов: Издательство Саратовского университета, 1989. –104 с.
2. Ильин Ю. А. Надежность водопроводных сооружений и оборудования. – М.: Стройиздат, 1985. – 240 с.
3. Ионин А.А. Надежность систем тепловых сетей. – М.: Стройиздат, 1989.– 265 с.: ил.– (НК: Надежность и качество).
4. Круценюк И.Ю. Математические методы и модели оценки вероятности безотказной работы сети водоснабжения на примере г. Норильска. – дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец: 05.13.18. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ [Текст] / И.Ю. Круценюк – Норильск: Норильский индустриальный институт. – 2005. – 193 с.
5. Найманов А.Я., Турчина Г.С. Надежность систем подачи и распределения воды как совокупность конструктивной и эксплуатационной надежности. – Інженерні системи та техногенна безпека / Вісник ДонНАБА, Вип. 2015-5(115), - Макіївка, 2015. – С. 36-42.

6. Новохатній В.Г. Надійність функціонування подавально-розподільного комплексу систем водопостачання. Автореф. д-ра техн. наук: Київ, КНУБА, 2012.

7. Рябченко И.Н. Автоматизоване управління потокорозподілом систем подачі й розподілу води у штатних та аварійних режимах роботи. Автореф. д-ра техн. наук: Херсон, ХДТУ, 2003.

8. Самойленко Н.И., Сенчук Т.С. Функциональная надежность магистральных трубопроводных транспортных систем: Монография. – Х.: Издательство «ХТМТ», ХНАГХ, 2009. – 276 с.

9. Ткачук А.А. Структурно-функціональне удосконалення систем подачі та розподілу води. Автореф. д-ра техн. наук.: Рівно, НУВГП, 2007.

#### **Найманов А.Я., Турчина Г.С. Двоїтий характер надійності кільцевої водопровідної мережі**

*Стаття присвячена проблемі врахування нерівнозначності різних трубопроводів кільцевої водопровідної мережі. Розглянуто повний та параметричний відмови системи у сукупності з запропонованою методикою врахування нерівнозначності ділянок при визначенні параметра безвідмовної роботи кільцевих водопровідних мереж.*

**Ключові слова:** надійність, вірогідність безвідмовної роботи, кільцева водопровідна мережа, площа перерізу труб, відмова системи.

#### **Aubekir Naimanov, Galina Turchina. Ambivalent character of reliability of annular plumbing network**

*The article is devoted to the problem of account inequivalence of different pipelines in the annular networks routing of water supply lines. The complete and parametric failurs of the system are considered in an aggregate with the offered method of account of unequivalentness of areas at determination of parameter of faultless work of annular plumbing networks.*

**Key words:** reliability, probability of faultless work, annular plumbing network, the cross-sectional area of the pipe, failurs of the system.

**Найманов Аубекир Ягопирович**, д. т. н., профессор, профессор кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры г. Макеевка.

**Турчина Галина Сергеевна**, магистр, старший лаборант кафедры охраны труда, безопасности жизнедеятельности и гражданской защиты Донбасской национальной академии строительства и архитектуры г. Макеевка.

УДК 532.72:697

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФФУЗИИ ПРИМЕСИ В ПОТОКЕ

Насонкина И.К.

### EXPERIMENTAL RESEARCHES OF DIFFUSION OF ADMIXTURE IN STREAM

Inna K. Nasonkina

*Представлены результаты исследований диффузии примеси в канале. Установлены закономерности распределения примеси по сечению канала.*

**Ключевые слова:** концентрация, примеси, диффузия, выбросы, эксперимент.

Определение концентрации примеси потока является важной задачей при контроле выбросов промышленных предприятий и атомных станций. Распределение концентрации по сечению канала не является равномерным, поэтому от места установки заборных устройств для измерения концентрации во многом зависит достоверность контроля. Для исследования закономерностей процессов диффузии в каналах существует математический аппарат [1, 2], позволяющий на примерах типовых источников примеси анализировать распределение концентрации в потоке. Вместе с тем ряд теоретических положений требует экспериментальной проверки, в особенности это касается рекомендаций по определению координат сечения, соответствующих средней концентрации примеси.

Исследование процесса диффузии осуществлялось на действующей промышленной установке вертикального пневмотранспорта (рис. 1) с диаметром трубопровода 200 мм и длиной 15 метров. Обеспечить однородность состава аэрозолей во время экспериментов практически невозможно, поэтому опыты проводились с твердыми частицами узкого фракционного состава (практически с монодисперсным материалом, в качестве которого использовался мелкозернистый окисный катализатор), что позволило выявить структуру двухфазного потока. Установка содержала объемный дозатор транспортируемого материала 1, эжектор 2, датчик концентрации 3, участок вертикального трубопровода 4 и манометры МН1...МН4 для регистрации давления в системе пневмотранспорта. Средний весовой расход катализатора и транспортирующего воздуха

измерялись штатными расходомерами, не показанными на схеме.

На установке исследовалось распределение локальных концентраций твердого мелкозернистого монодисперсного материала в восходящем потоке воздуха. Анализ методов и приборов для определения локальных концентраций примесей в газовых потоках показал, что наиболее приемлемыми с точки зрения точности и простоты являются косвенные методы, основанные на использовании различных физических эффектов, в частности, емкостной метод. Он основан на изменении емкости конденсатора при локализации примеси между его обкладками. Теоретический анализ статических и динамических характеристик, предварительная тарировка (с использованием штатного весового метода) показали, что погрешность определения локальной концентрации примеси не превышала 7%.

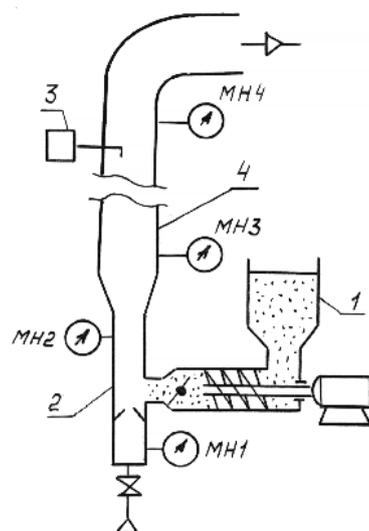


Рис. 1. Промышленная установка вертикального пневмотранспорта

Предварительные эксперименты показали, что даже в одном и том же месте при стационарном течении газа в трубопроводе существуют пульсации концентрации примеси. Кроме того, визуальные наблюдения через прозрачные стенки пневмоподъемника показали, что в восходящем потоке происходит некоторое спиралеобразное движение твердой фазы. Поэтому рассчитывалось среднее значение концентрации  $C$  по времени в каждой точке замера

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n},$$

где  $n$  – число экспериментов в данной точке, которое было равно не менее 10.

С целью сокращения числа экспериментов при сохранении достоверности полученных данных был применен метод ортогонального планирования [3].

Скорость газа в трубопроводе при нормальном эксплуатационном режиме составляла величину примерно 20 м/с, шаг варьирования был выбран равным 5 м/с. Численные значения физических параметров, использованные при проведении эксперимента, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения варьируемых параметров

	Скорость газа, м/с	Число Рейнольдса	Вертикальная координата $R_1$ , мм	Горизонтальная координата $R_2$ , мм	Нормированные значения
Основной уровень	20	$2,5 \cdot 10^5$	0	0	0
Верхний уровень	25	$3,125 \cdot 10^5$	60	60	1
Нижний уровень	15	$1,875 \cdot 10^5$	-60	-60	-1
Интервал варьирования	5	$6,25 \cdot 10^4$	60	60	

Матрица планирования приведена в табл. 2.

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента

	$\overline{Re}$	$\overline{R_1}$	$\overline{R_2}$	$\overline{C}$	$\overline{C_p}$
1	+1	+1	+1	0,79	0,813
2	-1	+1	+1	0,80	0,813
3	+1	-1	+1	0,90	0,883
4	-1	-1	+1	0,91	0,883
5	+1	+1	-1	0,78	0,813
6	-1	+1	-1	0,80	0,813
7	+1	-1	-1	0,83	0,883
8	-1	-1	-1	0,85	0,883
9	0	0	0	1,20	1,219
10	+1,215	0	0	1,20	1,219
11	-1,215	0	0	1,21	1,219
12	0	+1,215	0	0,97	0,945
13	0	-1,215	0	1,02	0,945
14	0	0	+1,215	0,90	0,903
15	0	0	-1,21	0,92	0,903

В таблице через  $\overline{C_p}$  обозначено расчетное значение относительной концентрации по функции отклика. Расположение точек замеров концентрации примесного вещества в сечении трубопровода приведено на рис.2.

Функцией отклика является относительная величина концентрации примеси  $\overline{C_p} = C/C_0$ , определяемая как отношение текущей усредненной во времени концентрации замеренной датчиком  $C$ , к

ее среднему значению  $C_0$ , рассчитанному по показаниям расходомеров примеси и газа:

$$\bar{C}_p = b_0 + b_1 \bar{Re} + b_2 \bar{R}_1 + b_3 \bar{R}_2 + b_{11} \bar{Re}^2 + b_{22} \bar{R}_1^2 + b_{33} \bar{R}_2^2 + b_{12} \bar{Re} \bar{R}_1 + b_{13} \bar{Re} \bar{R}_2 + b_{23} \bar{R}_1 \bar{R}_2.$$

где  $b_0 \dots b_{23}$  – коэффициенты уравнения функции отклика.

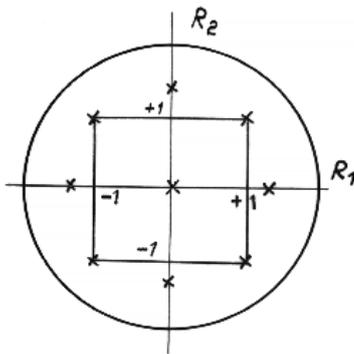


Рис. 2. Координаты точек замеров концентрации

Экспериментальные значения концентрации примесного вещества имеют систематическую и случайную погрешность. Превалирующей является случайная, систематическая сведена к минимуму предварительными тарировками датчика концентрации, поэтому для расчета коэффициентов функции отклика использовался метод наименьших квадратов, что соответствует максимальному правдоподобию полученного уравнения. После обработки опытных данных уравнение функции отклика получено в виде:

$$\begin{aligned} \bar{C}_p = & 1,2194 - 0,0065 \bar{Re} - 0,0348 \bar{R}_1 + 0,0106 \bar{R}_2 - \\ & - 0,0141 \bar{Re}^2 - 0,1565 \bar{R}_1^2 - 0,2139 \bar{R}_2^2 - \\ & - 9,3689 \cdot 10^{-6} \bar{Re} \bar{R}_1 - 0,0025 \bar{Re} \bar{R}_2 - 0,0150 \bar{R}_1 \bar{R}_2. \end{aligned}$$

Благодаря нормированию факторов и ортогональности матрицы планирования, дисперсии и доверительные интервалы для всех коэффициентов функции отклика получаются равными.

Коэффициент уравнения значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала. Чем уже доверительный интервал, тем с большей уверенностью можно говорить о значимости коэффициента. Такая проверка значимости коэффициентов уравнения функции отклика позволила его несколько упростить:

$$\bar{C}_p = 1,219 - 0,035 \bar{R}_1 - 0,157 \bar{R}_1^2 - 0,214 \bar{R}_2^2.$$

Для проверки адекватности аппроксимационной модели использован критерий Фишера.

Предварительный анализ полученных результатов показал, что распределение концентрации примесного вещества практически не зависит от числа Рейнольдса. Этот результат можно объяснить тем что, с одной стороны, увеличение скорости транспортирующего газа (увеличение числа Рейнольдса) ведет к увеличению степени турбулентности, а с другой – сокращается время прохождения частицы от источника примеси к точке замера.

Функция отклика практически симметрична относительно центра трубопровода и имеет максимум в его центре. Такой результат объясняется тем, что в расчет введены средние во времени значения концентрации в каждой точке замера (ранее отмечалось наличие вращательного движения газа в трубопроводе). Наличие максимума концентрации в центре трубопровода не противоречит экспериментальным данным, имеющимся в литературе [4], где отмечено, что при пневмотранспорте мелкозернистого материала твердые частицы в большей степени воспринимают турбулентные пульсации газа, поэтому концентрационный профиль близок к скоростному профилю газа.

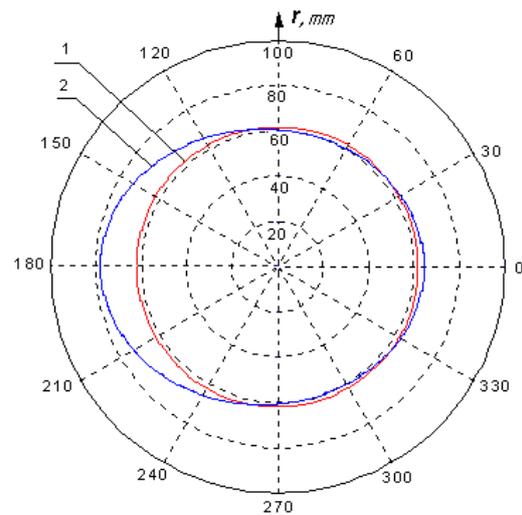


Рис. 3. Линии средней концентрации

Особого внимания заслуживает оценка радиуса средней концентрации примеси в потоке. Согласно теоретическим положениям [1, 2] для экспериментального канала диаметром 200 мм данный радиус должен составлять 62 мм. На основании опыта точки в поперечном сечении канала, соответствующие средней концентрации, можно установить из функции отклика, подставив  $\bar{C}_p = 1$ . На рис. 3 сопоставлена теоретическая окружность 1 и кривая 2, установленная по опытным данным, соответствующие среднему значению концентрации примеси. Как видно, результаты удовлетворительно согласуются между собой, а имеющееся расхождение можно объяснить как и погрешностью измерений, так и присутствием

в восходящем потоке спиралеобразного движения твердой фазы.

Таким образом, на основании проведенных экспериментов можно утверждать, что получены адекватные, внутренне не противоречивые модели [1, 2] процесса диффузии примесного вещества в турбулентном газовом потоке, которые можно использовать для анализа, прогнозирования распределения примесных веществ в каналах.

#### Л и т е р а т у р а

1. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке / Н. Джонсон, Ф. Лион. – М.: Мир, 1980. – 610 с.
2. Калюжный Г. С. Диффузия газов и аэрозолей в турбулентном потоке / Г. С. Калюжный, А. А. Коваленко, В. И. Соколов, С. А. Минин. – Луганск: ВУГУ, 1999. – 100 с.
3. Разумов И. М. Пневмо- и гидротранспорт в химической промышленности / И. М. Разумов. – М.: Химия, 1979. – 248 с.
4. Соколов В. И. Аэродинамика газовых потоков в каналах сложных вентиляционных систем / В. И. Соколов. – Луганск: ВУГУ, 1999. – 200 с.

УДК 628.511

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОЧИСТКЕ ГАЗА ОТ ПЫЛИ В ЦИКЛОНАХ

Орлов С.М.

## ENERGY SAVING TECHNOLOGIES IN GAS CLEANING FROM DUST IN CYCLONES

Orlov S.M.

*Проведен сравнительный анализ процессов, протекающих в циклоне, с таким природным явлением, как торнадо. Установлено, что многие процессы в циклоне и торнадо аналогичны. Имеется существенное различие в масштабах явления и в уровне электромагнитных процессов, протекающих в циклоне и торнадо. В нашей стране применяются циклоны как «правого», так и «левого» направления вращения газового потока, в то время как вихрь в торнадо в северном полушарии направлен против часовой стрелки. Рассмотрены существующие теории, описывающие образования и существования торнадо. Сделан вывод, что сила Кориолиса будет способствовать уменьшению гидравлического сопротивления циклона с «левым» направлением вращения в северном полушарии*

**Насонкіна І.К. Експериментальні дослідження дифузії домішок в потоці.**

*Представлені результати досліджень дифузії домішки в каналі. Встановлені закономірності розподілення домішки по перерізу каналу.*

**Ключові слова:** концентрація, домішки, дифузія, викиди, експеримент.

**Inna K. Nasonkina. Experimental researches of diffusion of admixture in stream.**

*The results of studies of impurity diffusion in the channel are presented. The regularities of distribution to primesti cross-section of a channel are shown.*

**Key words:** concentration, admixtures, diffusion, extrass, experimen

**Насонкина Инна Константиновна**, к.т.н, доцент, Государственное образовательное учреждение ЛНР «Луганский национальный аграрный университет».

*Земли, а соответственно и снижению энергетических затрат при очистке газа от пыли.*

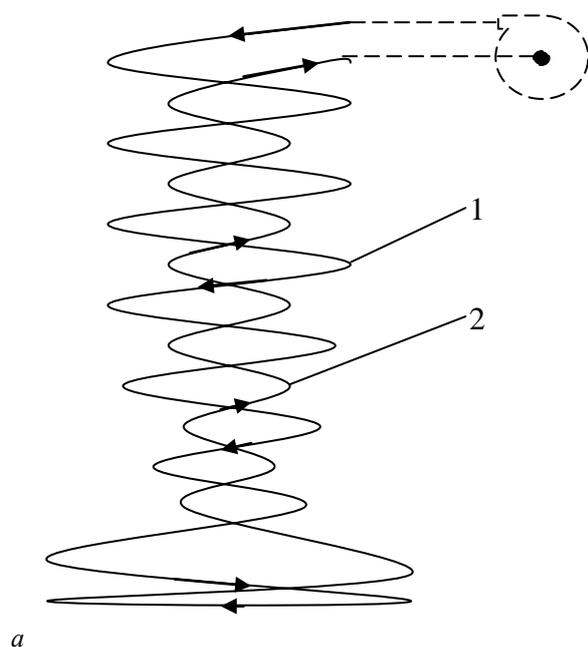
**Ключевые слова:** энергосбережение, циклон, торнадо, гидравлическое сопротивление, скорость

Техника обеспыливания характеризуется большим разнообразием конструкций и форм исполнения обеспыливающего оборудования.

Циклоны являются наиболее характерными представителями сухих инерционных пылеуловителей, которые, как правило, имеют простую конструкцию, обладают большой пропускной способностью и несложны в эксплуатации. Ввиду этих преимуществ циклоны получили широкое распространение. Наиболее важной

характеристикой циклона является его производительность и гидравлическое сопротивление, которое играет существенную роль в энергозатратах на очистку газа от пыли [5].

Для того чтобы приступить к решению данной задачи, необходимо детально рассмотреть работу циклона и все процессы, протекающие в нем. Изобразим винтовые



линии тока при отсутствии стенок циклона (рис.1, а).

В природе существуют явления, где воздух в силу различных причин естественно закручивается в восходящие и нисходящие винтовые спирали (смерчи, торнадо и др.) (рис. 1,б). Различие между смерчем и торнадо заключается лишь в том, что смерчи возникают над водной поверхностью, а торнадо - над сушей.

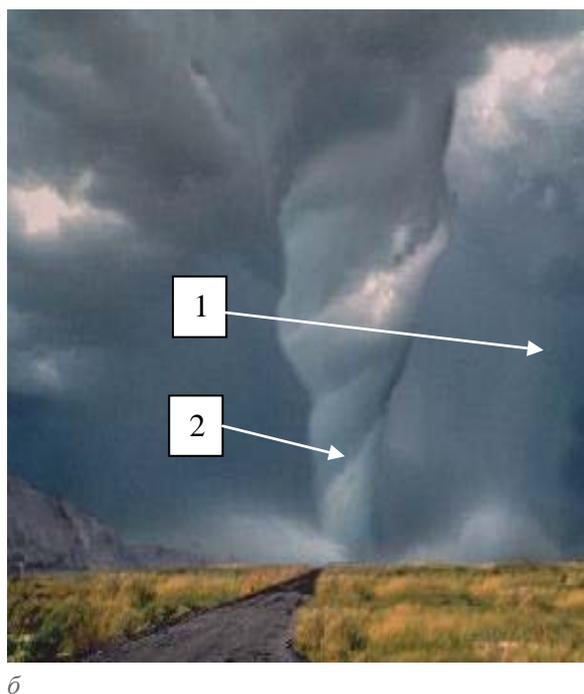


Рис. 1. Винтовые линии тока при отсутствии стенок циклона (а) и торнадо (б):  
1 – нисходящие; 2 – восходящие

Поскольку циклон производит очистку воздуха от пыли, то в дальнейшем будем использовать определение этому природному явлению «торнадо». Как видно из приведенного рисунка, процессы, протекающие в циклоне и в торнадо, внешне схожи. Как в циклоне, так и в торнадо имеется ядро вихря, которое вращается по законам твердого тела с постоянной угловой скоростью. Разрежение в центре восходящего ядра наибольшее, что позволяет торнадо поднимать на большую высоту достаточно тяжелые предметы (машины, дома и др.), в циклоне по этой же причине наблюдается проскок достаточно больших частиц пыли. Разница состоит только в масштабах: тангенциальная скорость в циклонах редко превышает 20 м/с, а тангенциальная скорость в торнадо может достигать сверхзвуковых скоростей; аналогично и для давлений, в

циклоне перепад давления редко превышает 2000 Па, в торнадо эта величина может достигать десятых долей атмосфер.

Следует отметить, что торнадо в северном полушарии закручивается против часовой стрелки, а в южном полушарии - по часовой стрелке. На экваторе никогда не бывает торнадо. В промышленности применяются циклоны как для «правого», так и для «левого» вращения газового потока. Следовательно, поскольку процессы, происходящие в циклоне и торнадо, схожи, то необходимо на вопрос целесообразности применения в северном полушарии циклонов «правого» или «левого» вращения газового потока обратить внимание.

Существует множество теорий возникновения и существования торнадо.

**Теория Кориолисовой силы и конвекционных потоков воздуха** [3]. Сущность этого явления заключается в следующем.

Законы Ньютона в их первоначальном виде справедливы для инерционных систем отсчета - систем, движущихся равномерно и прямолинейно. Однако, находясь на Земле, нам удобно связать систему отсчета с ее поверхностью. Это и есть система географических координат. Она не является инерциальной, поскольку Земля вращается. Можно переписать второй закон Ньютона так, чтобы он был справедлив во вращающейся системе отсчета. Но при этом в правую часть его нужно добавить силу. Называется она силой Кориолиса.

Сила Кориолиса перпендикулярна скорости материальной точки и пропорциональна скорости. Кроме того, сила Кориолиса зависит от широты места как  $\sin \varphi$ . Общее выражение для нее таково:

$$F_{\text{Кор}} = 2m\omega_{\oplus}v\sin\varphi;$$

где  $m$  – масса тела (воздуха);  $\omega_{\oplus}$  – угловая скорость Земли;  $v$  – скорость воздуха.

Таким образом, в северном полушарии  $\sin \varphi > 0$ , на экваторе  $\sin \varphi = 0$ , а в южном полушарии  $\sin \varphi < 0$ . Следовательно, в северном полушарии сила Кориолиса направлена против часовой стрелки, в южном полушарии сила Кориолиса направлена по часовой стрелке, а на экваторе сила Кориолиса равна нулю.

**Электромагнитная теория торнадо** [1]. Предложен плазменно-капельный механизм образования смерча – интенсивного атмосферного вихря, вращающегося под грозovým облаком. Смерч рассматривается как контролируемый прилипанием газовый разряд, создаваемый в атмосфере сильным облачным зарядом в присутствии геомагнитного поля. Построена общая теория атмосферно-облачного разряда.

**Плазменная теория смерча** [2]. В работе предложен механизм образования и построена плазменная теория смерча. Смерч рассматривается как стационарный газовый разряд, который создается капельным облачным зарядом. Найдены электрические поля, токи, электромагнитные силы, поля скоростей.

**Электромагнитогидродинамическая теория смерча (ЭМГД)** [4]. В этой теории

показано, что одной из причин возникновения торнадо может служить взаимодействие электрических и магнитных полей с электрически заряженной средой материнского облака. В пользу такого подхода говорят многочисленные наблюдения, которые свидетельствуют о протекании интенсивных электрических процессов в воронке торнадо и вблизи неё.

Как известно, в экваториальной зоне Земли никогда не бывает тайфунов, смерчей и циклонов. Направления ветров в циклонах против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке в южном полушарии традиционно объяснялось влиянием отклоняющей силы Кориолиса, возникающей при вращении Земли. Отсутствием силы Кориолиса на экваторе соответственно традиционно объяснялось отсутствие циклонов в зоне экватора.

Авторы считают [1, 2, 4], что в механизме образования циклонов, торнадо, смерчей основной вклад вносит не сила Кориолиса и конвекционные потоки воздуха, а электрические токи в атмосфере и магнитное поле Земли. Сила Кориолиса также проявляется, но она не является единственной и основной.

Проанализировав существующие теории торнадо, приходим к выводу, что, несмотря на схожесть процессов в торнадо и циклонах есть и существенные отличия. Процессы, протекающие в циклонах, помимо масштабов, происходят в пространстве, ограниченном стальными стенками циклона, и при отсутствии сильно электризованного материнского грозového облака, поэтому в циклонах будет действовать только сила Кориолиса, которая будет направлена по ходу вращения вихря в циклоне или встречно. Таким образом, сила Кориолиса будет способствовать уменьшению гидравлического сопротивления циклона с «левым» направлением вращения в северном полушарии Земли, а соответственно и снижению энергетических затрат при очистке газа от пыли.

На рис. 2 показано процентное увеличение гидравлического сопротивления циклонов «правого» направления вращения по сравнению с циклонами «левого» направления вращения в зависимости от диаметра циклона. Показаны наиболее распространенные виды циклонов типа ЦН. Расчеты производились для широты города Донецк.

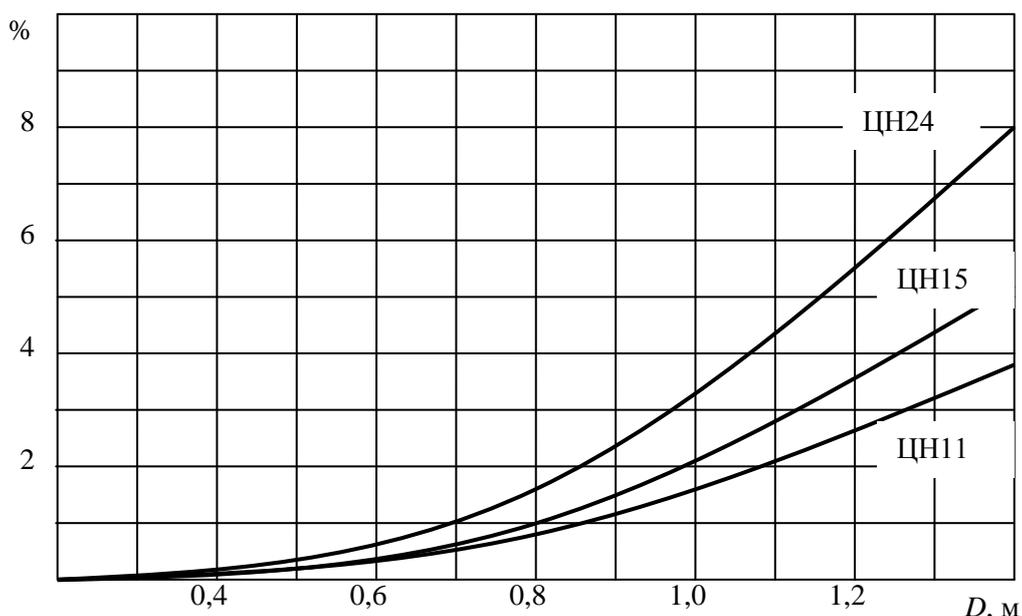


Рис. 2. Залежності відсоткової різниці гідравлического опору від діаметра циклонів

#### Выводы:

1. Установлено, що процеси, протекаючі в циклонах і торнадо, во многом схожі, однак і мають суттєві відмінності.

2. Показано, що в північній півкулі застосування циклонів «лівого» напрямку обертання переважніше, оскільки сила Кориоліса направлена по ходу обертання вихря, чим досягається зниження гідравлического опору циклона і економія енергетичних ресурсів.

3. Установлено, що з збільшенням діаметра циклона і осевої швидкості, діяльність сили Кориоліса збільшується.

#### Л и т е р а т у р а

1. Боев А.Г. Электромагнитная теория смерча. I ч. Электродинамика вихря [Текст] / А.Г. Боев // Радиофизика и радиоастрономия. – 2009 - т. 14 №2 - С.121-149.

2. Боев А.Г. Плазменная теория смерча [Текст] / А.Г. Боев // Вопросы атомной науки и техники. – 2008 - Плазменная электроника и новые методы ускорения (6) - С.133-138.

3. Бялко А.В. Наша планета [Текст] / А.В.Бялко // Земля. Библиотечка "Кванта" вып. 29 - М.: Наука, 1989. -209с.

4. Меркулов В.И. Электрогравитационная модель НЛО, торнадо и тропического урагана [Текст] / В.И. Меркулов – Новосибирск: издательство Института математики, 1998.-287с.

5. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха [Текст] / А.И. Пирумов.- М.: Стройиздат, 1981.-296с.

#### Орлов С.М. Енергозберігаючі технології при очищенні газу від пилу в циклон

Проведено порівняльний аналіз процесів, що відбуваються в циклоні, з таким природним явищем, як торнадо. Встановлено, що багато процесів в циклоні і торнадо аналогічні. Є велика різниця в масштабах явища і в рівні електромагнітних процесів, що відбуваються в циклоні і торнадо. У нашій країні застосовуються циклони як «правого», так і «лівого» спрямування обертання газового потоку, в той час як вихор в торнадо в північній півкулі спрямований проти годинникової стрілки. Розглянуто існуючі теорії, що описують утворення та існування торнадо. Зроблено висновок, що сила Кориоліса буде сприяти зменшенню гідравлического опору циклону з «лівим» напрямком обертання в північній півкулі Землі, а відповідно і зниженню енергетичних витрат при очищенні газу від пилу.

**Ключові слова:** енергозбереження, циклон, торнадо, гідравлический опір, швидкість

#### Orlov S.M. Energy saving technologies in gas cleaning from dust in cyclones

The analysis of the processes occurring in the cyclone, with such natural phenomena as tornadoes. It is found that many processes in the cyclone and tornadoes are similar. There is a significant difference in the extent of the phenomenon and the level of electromagnetic processes occurring in a cyclone and a tornado. In our country, cyclones are used as a "right" and "left" direction of rotation of the gas flow, while in the vortex of a tornado in the northern hemisphere is directed counterclockwise. The existing theories describing the formation and existence of a tornado. It was concluded that the Coriolis force will help to reduce the flow

resistance of the cyclone with the "left" direction of rotation in the northern hemisphere and, consequently, reduce energy costs for cleaning gas from dust.

**Key words:** energy efficiency, cyclone, tornado, hydraulic resistance, speed.

**Орлов Станислав Михайлович**, кандидат технических наук, доцент, доцент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

УДК 625.859.3

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СТАРЕНИЕ ДОРОЖНОГО БИТУМА В СОСТАВЕ АСФАЛЬТОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Пактер М.К., Стукалов А.А., Бородай Д.И.

### TECHNOLOGICAL AGING OF ROAD BITUMEN IN THE ASPHALT-BINDING COMPOSITION

M. Pakter, A. Stukalov, D. Borodai

В работе показано, что приготовление асфальтовяжущего смешиванием минерального порошка с вязким дорожным битумом принципиально изменяет процесс термоокислительного старения (ТОС) битума в тонких пленках (менее 160 мкм); «свободные пленки» битума подвергаются ТОС диффузии кислорода воздуха на всю глубину тонкой пленки, а пленки битума на поверхности минерального материала подвергаются ТОС в значительной степени за счет вовлеченного при смешивании этих материалов кислорода воздуха. В последнем случае толщина пленки отражается на глубине и скорости ТОС.

**Ключевые слова:** битум вязкий дорожный, технологическое старение, термоокислительное старение, убыль массы, минеральный порошок, асфальтовяжущее.

**Актуальность темы.** Ежегодно в мире производится более миллиарда тонн дорожных асфальтобетонных смесей для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд. Существенным недостатком асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов является склонность их к старению – необратимому изменению состава, структуры и свойств. Старение начинается в процессе производства асфальтобетонной смеси и продолжается при термостатировании в термосбункерах, транспортировании к месту укладки смеси в конструктивные слои дорожных одежд и в условиях эксплуатации.

Необратимые изменения свойств асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов в

процессе старения обусловлены как внешними факторами (кислород воздуха, техногенные загрязнения (оксиды серы, азота и др.), температура, ультрафиолетовое и радиационное излучение, вода), так и внутренними факторами (структурно-реологический тип и консистенция битума, химико-минералогический состав минеральных компонентов асфальтобетона, тип гранулометрии, степень уплотнения асфальтобетона, структура и текстура бетона).

Это приводит к тому, что нормативные эксплуатационные характеристики асфальтобетонных покрытий, например, внутригородских дорог после 6-8 лет эксплуатации не обеспечиваются.

В работе [7] рассматривается технологическое старение вязкого нефтяного дорожного битума в слоях различной толщины. В частности, для битума БНД 60/90 найдена средняя скорость убыли массы битума в тонких слоях ( $\delta \leq 0,16$  мм) при 163 °С в течение 5 ч при свободном доступе воздуха  $v = 0,79$  %/ч. Однако наличие минеральной подложки может существенно изменить эту величину [2, 3].

**Цель данной работы** – выявить влияние минерального порошка (МП) на термоокислительное старение (ТОС) битума БНД 60/90.

О ТОС судили по убыли массы битума [7, 4]. В качестве МП использовали доломитовый минеральный порошок Докучаевской фабрики инертной пыли (фракция 0,071...0,14 мм,

удельная поверхность, рассчитанная по В.А. Золотареву [2],  $S_{уд} = 670 \text{ см}^2/\text{г}$ ). Средняя толщина слоя битума на МП ( $\delta$ ) рассчитана по расходу битума и  $S_{уд}$  МП [5].

Условия приготовления асфальтовяжущего: МП и битум нагревали в термошкафу до  $160 \text{ }^\circ\text{C}$  и смешивали в течение 3 минут в металлической чашке.

Полученное асфальтовяжущее (АВ) помещали равномерным слоем в чашку Петри и выдерживали в термошкафу при  $(163 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$  в течение заданного времени. Условия охлаждения (эксикатор с хлоридом кальция) и взвешивания обеспечивали учет процессов адсорбции и десорбции влаги (из воздуха).

Приведенные в статье данные по убыли массы ( $\Delta m$ ) относятся только к битуму в составе АВ.

Наряду с экспериментами по ТОС асфальтовяжущего в свободно уложенном слое выполнены эксперименты для уплотненного слоя и для защищенной от доступа воздуха поверхности АВ.

Результаты сведены в табл., в которой также приведены результаты экспериментальных данных для исходного битума с открытой и защищенной от доступа воздуха поверхностью (два слоя фольги). Средняя скорость убыли массы битума в АВ ( $v_{AB}$ ) и в слое битума ( $v_B$ ) за время  $t$  рассчитана как отношение  $v = \Delta m/t$ .

Т а б л и ц а

Убыль массы битума БНД 60/90 в асфальтовяжущем при ТОС ( $163^\circ\text{C}$ )

Характеристика асфальтовяжущего			Время ТОС, $t$ , ч	Убыль массы битума, $\Delta m$ , % к исходному битуму	Средняя скорость, $v$ , %/ч	$\frac{v_{AB}}{v_B}$
Содержание битума, % масс.	Средняя толщина слоя битума, $\delta$ , мкм	Средняя толщина слоя асфальтовяжущего, $h$ , мм				
39,3	7,46	11	1	0,305	0,305	0,39
		11	2	0,429	0,215	0,27
		11	5	0,838	0,169	0,21
		4 (уплотнен)	5	0,780	0,156	0,20
16,0	2,39	15	1	0,91	0,91	1,15
		8	2	1,25	0,63	0,80
		8	5	1,54	0,31	0,39
		3(уплотнен)	5	1,74	0,35	0,44
		3 (поверхность защищена)	5	0,79	0,16	0,20
Битум БНД 60/90	54	открытая поверхность	5	3,94	0,79	1,0
	2500		5	0,422	0,0844	-
	2500	поверхность защищена	5	0,019	0,004	-

Из табл. следует, что при длительности ТОС  $t = 5$  ч средняя скорость убыли массы битума в асфальтовяжущем ( $v_{AB}$ ) составляет  $0,17 \text{ } \%/ч$  (при толщине пленки битума  $\delta = 7,46$  мкм) и  $0,31 \text{ } \%/ч$  (при  $\delta = 2,39$  мкм), что существенно меньше  $v_B = 0,79 \text{ } \%/ч$  ( $\delta = 54$  мкм, а согласно [7], при любом  $\delta \leq 160$  мкм).

При этом уплотнение слоя АВ почти в 3 раза меньше отражается на  $v_{AB}$ , а изоляция уплотненного АВ от доступа воздуха не исключает его ТОС (а лишь снижает  $v_{AB}$  всего в два раза). Эти данные подтверждают результаты исследований Brock J. D. [7], согласно которым ТОС битума в асфальтобетоне происходит в результате

вовлечения воздуха при смешивании битума и минеральных материалов.

Исходя из этих позиций, легко понять понижение средней скорости ТОС  $v_{AB}$  с увеличением экспозиции, а также ее возрастание с уменьшением толщины пленки битума на МП.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что технологическое старение дорожного битума в асфальтобетонной смеси протекает в тонких пленках в значительной мере за счет кислорода воздуха, вовлеченного в смесь при перемешивании битума с минеральными материалами. Следовательно, для

предотвращения технологического старения необходимо предотвратить попадание воздуха в битум и в асфальтосмеситель.

С учетом основных внутренних факторов, определяющих старение асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов с целью повышения энергии активации процессов испарения, оксиполиконденсации и диффузии в пористое пространство минеральных материалов компонентов нефтяных дорожных битумов, разработаны способы замедления старения асфальтобетонных смесей, а именно: комплексной модификацией микроструктуры асфальтобетона введением в нефтяной дорожный битум комплексной добавки (бутадиенметилстирольный каучук СКМС-30 2-3% мас. совместно с технической серой 20-40 % мас.) с одновременной поверхностной активацией минерального порошка 0,5-1,0 % мас. СКМС-30 из раствора в углеводородах); комплексной модификацией микро-, мезо- и макроструктуры асфальтобетона введением в нефтяной дорожный битум этиленглицидилакрилата (2 % мас.) в сочетании с полифосфорной кислотой ПФК-105 (0,2% мас.) с поверхностной активацией минеральных материалов этиленглицидилакрилатом (0,7 % мас.). Асфальтобетоны с комплексно-модифицированной структурой в 10 раз более термостойкие в условиях технологической переработки и на 25-50 % в условиях эксплуатации, чем не модифицированные горячие асфальтобетоны.

Для ПАО «Облдорремстрой» разработаны «Рекомендации по прогнозированию долговечности асфальтобетона по изменению группового состава битума в процессе термоокислительного старения» и определена предполагаемая экономическая эффективность от внедрения 1 т асфальто-полимерсеробетонной смеси повышенной термоокислительной стойкости, которая составит 693,3 руб. Результаты теоретических и экспериментальных исследований внедрены в учебный процесс при подготовке специалистов по направлению 08.03.01 «Строительство» по профилю «Автомобильные дороги» в дисциплинах «Строительное материаловедение» и «Физико-химическая механика строительных материалов».

#### Л и т е р а т у р а

1. Базжин Л.И. Научные основы проектирования дорожных асфальтобетонов с использованием техногенного сырья и

прогнозирующе-оптимизационных комплексов : дис. ... д-ра тех. наук : 05.23.05 / Базжин Лев Иванович; - Макеевка. – 2005. – 326 с.

2. Испытания дорожно-строительных материалов : лабораторный практикум; учебное пособие [Текст] / В.А. Золотарев, В. И. Братчун, А. В. Космин и др. – Харьков : ХНАДУ, 2012. – 368 с.

3. ОДМ 218.3.020-2012. Методические рекомендации по обеспечению устойчивости битумов против старения в технологических процессах изготовления и применения асфальтобетонных смесей [Текст]. – Введен впервые. – М. : Росавтодор, 2012. – 38 с.

4. Пактер М.К., Стукалов А.А. Термоокислительные превращения дорожного битума в слоях различной толщины [Текст] / М.К. Пактер, А.А. Стукалов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2015. – Вып. 2015-1(111) : Современные строительные материалы. – С. 79-85.

5. Пактер М.К. Практикум по дисциплине «Органические вяжущие вещества на основе маловязкого сырья» [Текст] / М.К. Пактер, В.И. Братчун, В.Л. Беспалов. – Макеевка : ДонНАСА, 2011. – 50 с.

6. Технологическое старение дорожного битума как двухфакторный процесс [Текст] / В.И. Братчун, М.К. Пактер, А.А. Стукалов [и др.] // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : Зб. наук. праць. – Рівне, 2012. – Вип. 23. – С. 31-41.

7. Brock, J. D. Oxidation of asphalt. Technical Paper T-103 [Текст] / J. D. Brock. – Chattanooga : Astec Industries, Inc., 1986. – 20 p.

#### **Пактер М.К., Стукалов О.О., Бородай Д.І. Технологічне старіння дорожнього бітуму в складі асфальтового в'язучого.**

*В роботі показано, що приготування асфальтов'язучого змішуванням мінерального порошку з в'язким дорожнім бітумом принципово змінює процес термоокислювального старіння (ТОС) бітуму в тонких плівках (менше 160 мкм); «Вільні плівки» бітуму піддаються ТОС дифузії кисню повітря на всю глибину тонкої плівки, а плівки бітуму на поверхні мінерального матеріалу піддаються ТОС в значній мірі завдяки залученому при змішуванні цих матеріалів кисню повітря. В останньому випадку товщина плівки позначається на глибині і швидкості ТОС.*

**Ключові слова:** бітум в'язкий дорожній, технологічне старіння, термоокислювальне старіння, спад маси, мінеральний порошок, асфальтов'язуче.

#### **M. Pakter, A. Stukalov, D. Borodai. Technological aging of road bitumen in the asphalt-binding composition**

*It is shown that the preparation asphalt-binding by mixing the mineral powder with viscous road*

*bitumen fundamentally changes the thermal-oxidative aging process (TOA) of bitumen in thin films (less than 160 microns). Bitumen «free film» subjected TOA diffusion of air oxygen to the entire depth of the thin film of bitumen and mineral film on the surface of the material subjected TOA largely entrained by mixing these materials with atmospheric oxygen. In the latter case, the film thickness is reflected in the depth and speed of TOA.*

**Key words:** viscous road bitumen, aging process, thermo-oxidative aging (TOA), decrease weight, mineral powder, asphalt-binding.

**Пактер Михаил Константинович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Государственное образовательное

учреждение Высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

**Стукалов Александр Анатольевич**, ассистент кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Государственное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

**Бородай Денис Игоревич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Государственное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

УДК 533.15

## КОНТРОЛЬ ГАЗОАЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

Пилавов М.В.

## CONTROL OF GAS-AEROSOL EXTRASS OF VENT SYSTEMS

Manolis V. Pilavov

*Изложена методика контроля концентрации аэрозолей в вентиляционных выбросах энергоблока ВВЭР-1000.*

**Ключевые слова:** вентиляционные выбросы, концентрация, аэрозоли, забор проб, частица.

Важной практической задачей, возникающей при решении вопросов экологического мониторинга, является определение концентрации примесных веществ, выбрасываемых в атмосферу вентиляционными системами промышленных предприятий и атомных станций. Типовая схема замера концентрации радиоактивных аэрозолей на выходе вентиляционной системы энергоблока атомной станции ВВЭР-1000 приведена на рис. 1.

В вентиляционной трубе 1 имеется внутренний круглый цилиндрический канал 2 диаметром 1,6 м и внешний кольцевой цилиндрический канал 3 с наружным диаметром 3,0 м. На выходе трубы (высотная отметка 95 м) установлены в каждом из каналов кольцевые коллекторы 4 (на диаметре

1,0 м) и 5 (на диаметре 2,3 м) с внутренним диаметром 70 мм, имеющие заборные приемники 6. Заборные приемники выполнены в виде вваренных на равных расстояниях в коллектора штуцерах с внутренним диаметром 20 мм. Через каналы отбора пробы 7 и 8 (так называемые импульсные трубки) посредством нагнетателей 9 и 10 (вакуум-насосы) газовая среда подается комплексу аппаратуры измерений 11 радиоактивности, расположенной на высотной отметке 34 м.

По импульсной трубке с внутренним диаметром 20 мм вакуум-насосами обеспечивается стационарный отсос пробы с расходом 20 л/мин. Согласно высотным отметкам расстояние от точки отбора пробы до аппаратуры измерений составляет 61 м.

Погрешность замера концентрации аэрозолей зависит от ряда факторов. Основные из них связаны с аэродинамическими и диффузионными процессами, происходящими как в самой вентиляционной трубе, так и импульсной трубке отбора.

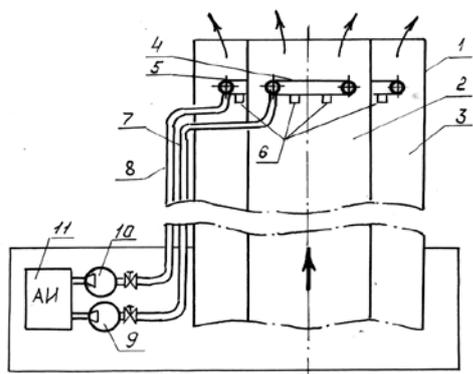


Рис. 1. Схема замера концентрации аэрозолей

Остановимся подробнее на их рассмотрении.

1. Величина концентрации зависит от основного расхода газа в вентиляционной системе. Погрешность определения этой величины не рассматривается в данной статье. Работы [1, 5] позволяют достаточно точно ее рассчитать и дать рекомендации по сведению к минимуму ее величины. В дальнейшем будем полагать, что погрешность определения основного расхода газа в вентиляционной трубе пренебрежимо мала.

2. Для получения достоверного результата измерения необходимо, чтобы разница в концентрациях и распределении размеров частиц в основном потоке вентиляционной трубы и пробе была как можно меньше. Разница обусловлена аэродинамическими явлениями, происходящими у входного отверстия системы пробоотбора.

При заборе пробы из основного потока необходимо осуществить «изокинетическое» течение на входе в импульсную трубку, т.е. течение без искажений линий тока. Если заборный штуцер будет расположен под углом к направлению потока, то некоторые частицы, благодаря инерционным силам, будут осаждаться на внутреннюю стенку импульсной трубки, и концентрация аэрозолей в пробе будет ниже действительной.

Если заборный штуцер расположен параллельно потоку, но скорость течения в нем больше или меньше, чем в основном потоке, то во втором случае к контрольному прибору не попадут частицы из крайних входящих в нее линий тока, а в первом – в нее попадут частицы из соседних проходящих вне ее линий тока. Таким образом, концентрация аэрозоля не будет соответствовать ее значению в основном

потоке. При правильном («изокинетическом») заборе пробы скорости основного потока на входе в заборный штуцер должны быть одинаковы. Кроме того, стенки входного отверстия должны быть достаточно тонкие, чтобы, с одной стороны, можно было пренебречь осаждением частиц на торце штуцера, а с другой избежать сужения потока на его входе.

Отметим, что последнее условие конструктивно выполнить достаточно сложно, так как на искажение линий тока влияет также длина штуцера, условие соединения его с кольцевым коллектором, диаметр кольцевого коллектора и расстояние между ним и приемным отверстием штуцера. В идеальном случае толщина стенок штуцера должна быть равна нулю, расстояние между коллектором и приемным отверстием 2...3 диаметра коллектора, а скорость газа в штуцере равна скорости основного потока. Если на практике это условие выполнить нельзя, «изокинетическое» течение можно обеспечить, варьируя величину расхода пробы в импульсной трубке таким образом, чтобы скомпенсировать искажения, вносимые приемным отверстием штуцера. Это самостоятельная аэродинамическая задача, которая может быть решена [2].

При выполнении всех перечисленных условий коэффициент, учитывающий эффективность засасывания дисперсионной фазы в пробоотборную трубку, который мы обозначим  $K_0$ , будет близок к единице.

Расход основного потока газа в нормальном режиме эксплуатации энергоблока ВВЭР-1000 составляет  $90000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , что соответствует скорости газа в сечении внутренней цилиндрической трубы, где установлен коллектор отбора пробы,  $12,4 \text{ м/с}$ . Расход вакуумной установки  $20 \text{ л/мин}$ . внутренний диаметр входного сечения приемного штуцера  $10 \text{ мм}$ , их количество 5. Скорость газа в приемном отверстии штуцера равна  $0,85 \text{ м/с}$ . Это гораздо меньше скорости газового потока в вентиляционной трубе, имеет место нарушение «изокинетичности» при заборе пробы и может привести к появлению погрешности.

3. Распределение примесных частиц, в частности аэрозоля, на входе в вентиляционную трубу неравномерное. Затем, по мере движения газа по вентиляционной трубе поле концентрации, благодаря

диффузионным процессам, выравняется. Пробоотбор осуществляется на определенном диаметре (рис. 1), и погрешность определения концентрации, вызванную неравномерным ее распределением по сечению вентиляционной трубы, будем учитывать коэффициентом  $K_1$ .

Правильное расположение приемных штуцером в вентиляционной трубе дает значение этого коэффициента  $\cong 1$ . Геометрические параметры схемы отбора пробы для энергоблока ВВЭР-1000 позволяют допустить  $K_1=1$  с погрешностью не более 5%.

4. По мере движения пробы по импульсной трубке происходит оседание аэрозолей на ее стенках. Коэффициент  $K_2$ , учитывающий осаждение аэрозоля, можно оценить согласно выражением [4]

$$C/C_0 = 1 - 2,57 \alpha^{0,66}, \quad \alpha \leq 0,03; \quad (1)$$

$$C/C_0 = 0,82 e^{-3,66\alpha} + 0,097 e^{-22,2\alpha} + 0,0135 e^{-53\alpha}, \quad \alpha > 0,03, \quad (2)$$

в которых безразмерный параметр  $\alpha$  определяется как

$$\alpha = \frac{D_E l}{r_0^2 u_0}. \quad (3)$$

Для энергоблока ВВЭР-1000 длина импульсной трубки  $l=61$  м; внутренний радиус трубки  $r_0=0,01$  м; средняя скорость потока в трубке определяется через расход  $Q=20$  л/мин. отсасываемый вакуум-насосом,

$$u_0 = \frac{Q}{\pi r_0^2} = \frac{20 \cdot 10^{-3} / 60}{\pi \cdot 0,01^2} = 1,06 \text{ м / с.}$$

Эксперименты по определению размеров частиц показали, что для энергоблоков ВВЭР-1000 распределение частиц аэрозоля хорошо описывается нормально-логарифмическим законом со средним диаметром частицы 21,4 мкм и стандартным отклонением 2,2 мкм [3].

Режим течения газа в пробоотборной трубке определяется числом Рейнольдса

$$Re = \frac{u_0 (2r_0)}{\nu} = \frac{1,06 \cdot 0,02}{1,5 \cdot 10^{-5}} = 1413.$$

Здесь  $\nu=1,5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с – кинематическая вязкость воздуха при температуре 20 °С.

Так как режим течения ламинарный, диффузионные процессы определяются молекулярной диффузией и диффузией броуновского движения. Оценка коэффициентов диффузии согласно методикам, подробно изложенным в [4], показывает большую значимость броуновского движения и позволяет принять значение эффективного коэффициента диффузии для частиц аэрозоля указанного выше диаметра, равным  $D_E=1,11 \cdot 10^{-12}$  м<sup>2</sup>/с. В соответствии с выражением (3) получаем

$$\alpha = \frac{1,11 \cdot 10^{-11} \cdot 61}{0,01^2 \cdot 1,06} = 6,4 \cdot 10^{-7},$$

а на основании (1) коэффициент осаждения аэрозоля (как коэффициент проскока частицы диаметром 21,4 мкм)

$$K_2 = 1 - 2,57 \cdot (6,4 \cdot 10^{-7})^{0,66} = 0,9998.$$

На действующих энергоблоках ВВЭР-1000 отношение концентрации радиоактивного аэрозоля, прошедшего пробоотборную трубку, к концентрации аэрозоля на входе в трубку определяют на основании существующей методики [3],

$$K_{2\Sigma} = \int_0^{\infty} K_2(\delta) \phi_a(\delta) d\delta,$$

где  $K_2(\delta)$  - коэффициент проскока частицы диаметром  $\delta$ ; - функция распределения частиц по их размерам.

Коэффициент проскока рассчитывается по такой громоздкой формуле

$$\frac{\ln K_2}{l} = - \left[ \frac{D_E^{0,75} Re^{0,875} \nu^{0,25}}{11,25(2r_0)^2 u_0} + \frac{\delta^2 \rho_1 g}{9\pi \mu r_0 u_0} + 117,68(2r_0)^{0,79} \right], \quad (4)$$

$$\delta^{4,26} \rho_1^{2,13} \lambda^{2,13} u_0^{4,26}$$

где:  $D_E$  – коэффициент диффузии, см<sup>2</sup>/с;  $g$  – ускорение силы тяжести, см/с<sup>2</sup>;  $\nu$  – кинематическая вязкость газа, см<sup>2</sup>/с;  $\mu$  – динамическая вязкость воздуха, г/см с;  $r_0$  – радиус трубки, см;  $l$  – длина трубки, см;  $u_0$  – средняя скорость газа в трубке, см/с;  $Re$  – число

Рейнольдса;  $\delta$  - аэродинамический диаметр частицы, см;  $\rho_1$  - единичная плотность, равная  $1 \text{ г/см}^3$ ;  $\lambda$  - коэффициент трения, который рекомендуется устанавливать по формуле

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}},$$

справедливой, однако, только для гидравлически гладких труб (без шероховатости) при турбулентном режиме течения ( $Re > 2300$ ).

Из выражения (4) видно, что величина  $K_2$  может быть представлена тремя составляющими

$$K_2 = K_2^{(1)} K_2^{(2)} K_2^{(3)}. \quad (5)$$

Здесь составляющая  $K_2^{(1)}$  коэффициента проскока определяется первым членом правой части уравнения (4) и учитывает осаждение аэрозольных частиц за счет процесса диффузии. Расчет этой составляющей коэффициента проскока для аэрозоля диаметром  $21,4 \text{ мкм}$  по данной методике дает результат  $K_2^{(1)} = 0,9995$ . На рис. 2 сопоставлена зависимость коэффициента проскока от диаметра частиц, установленная по методике автора (кривая 1) и рассчитанная согласно (4) с учетом только диффузионного фактора (кривая 2). Как можно заметить, результаты расчета удовлетворительно согласуются между собой, что позволяет адаптировать методику авторов к анализу произвольных систем измерения концентрации.

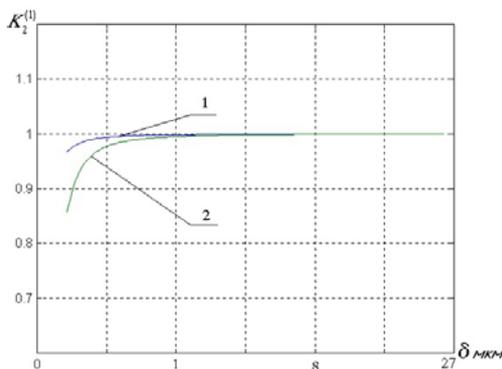


Рис. 2. Зависимость коэффициента проскока от диаметра частиц

Составляющая  $K_2^{(2)}$  определяется вторым членом уравнения (4) и учитывает процесс осаждения аэрозольных частиц, вызванный силой тяжести при движении смеси по горизонтальному участку. Это приводит к уменьшению коэффициента проскока. Причем

уменьшение тем больше, чем больше аэродинамический диаметр частицы (и, следовательно, ее массы). Тот же эффект вызывает уменьшение вязкости несущей среды. Зависимость данной составляющей коэффициента проскока от диаметра аэрозольных частиц при различной длине  $l$  горизонтального участка пробоотборной трубки показана на рис. 3.

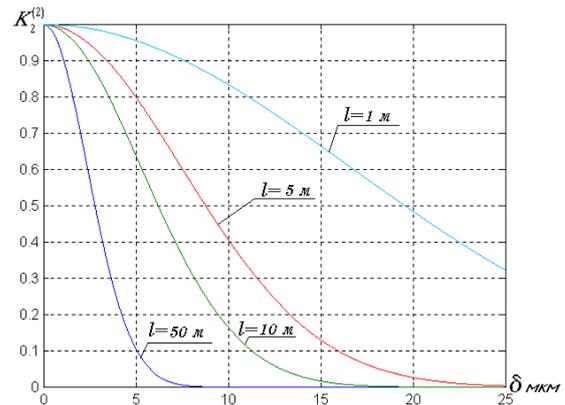


Рис. 3. Зависимость коэффициента проскока и диаметра частиц при различной длине участка

Составляющая  $K_2^{(3)}$  коэффициента проскока определяется третьим членом правой части уравнения (4) и учитывает влияние на процесс осаждения аэрозольных частиц градиентом давления, вызванным гидравлическими потерями. В этом случае коэффициент проскока уменьшается с ростом аэродинамического диаметра частицы, скорости основного потока, коэффициента гидравлического сопротивления трения. Зависимость данной составляющей коэффициента проскока от диаметра аэрозольных частиц для различной длины  $l$  пробоотборной трубки (при расчете коэффициента трения для ламинарного режима течения по формуле  $\lambda = 64/Re$ ) показана на рис. 4.

В заключение отметим следующее. Представление коэффициента проскока согласно выражению (5) и анализ зависимостей на рис. 2-4 показывает, что проектирование системы отбора проб аэрозольных выбросов для измерения радиоактивности является задачей многопараметрической оптимизации. Критерием качества проектирования может выступить величина коэффициента проскока, а параметрами как конструктивные, так и газодинамические характеристики.

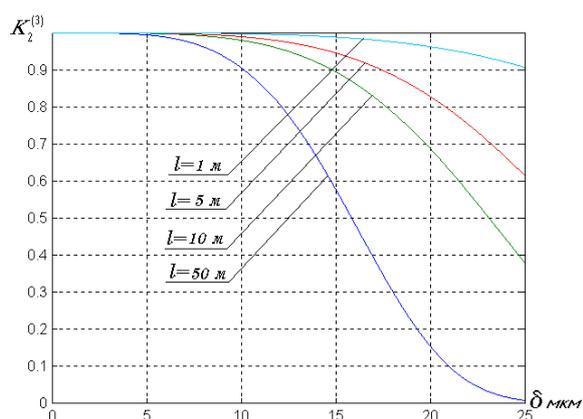


Рис. 4. К определению коэффициента проскока

#### Л и т е р а т у р а

1. Соколов В. И. Аэродинамика газовых потоков в каналах сложных вентиляционных систем / В. И. Соколов. – Луганск: ВУГУ, 1999. – 200 с.
2. Коваленко А. А. Основы технической механики жидкостей и газов / А. А. Коваленко, В. И. Соколов. – Луганск: ВУГУ, 1998. – 272 с.
3. Недопекин Ф. В. Диффузионные процессы в стационарных газовых потоках / Ф. В. Недопекин, А. А. Коваленко, В. И. Соколов. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2007. – 224 с.

4. Соколов В.И. Инженерные задачи диффузии примеси в потоке / В. И. Соколов, А. А. Коваленко, Г. С. Калужный. – Луганск: ВУГУ, 2000. – 168 с.

5. Соколов В.И. Контроль и прогнозирование промышленных выбросов / Соколов В.И. – Луганск: ВУГУ, 2000. – 100 с.

#### Пілавов М.В. Контроль газоаерозольних викидів вентиляційних систем.

*Вкладена методика контролю концентрації аерозолів у вентиляційних викидах енергоблока ВВЕР-1000.*

**Ключові слова:** вентиляційні викиди, концентрація, аерозолі, забір проб, частка.

#### Manolis V. Pilavov. Control of gas-aerosol extrass of vent systems

*Methodology of control of concentration of aerosols is expounded in vent extrass of power unit of VVR-1000 is presented/*

**Key words:** vent extrass, concentration, aerosols, fence of tests, particle.

**Пілавов Маноліс Васильєвич**, к.т.н., доцент, доцент. Інститут будівництва, архітектури і жилищно-комунального господарства. ГОУ ВПО «Луганський державний університет імені Володимира Даля».

УДК 624.014:699.842

## НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА ОАО «АМК»

Псюк В.В., Карапетян С.Х., Никишина И.А., Псюк М.Ю.

## BEARING STRENGTH OF COSTRUCTION THE OXYGEN-CONVERTER SHOP ALCHEVSK IRON & STEEL WORKS, PJSC

Psyuk V.V., Karapetyan S.Kh., Nikishina I.A., Psyuk M.U.

*Предложена методика расчета металлических конструкций с учетом динамических воздействий. Определены собственные частоты и вынужденные частоты колебаний от технологического оборудования. Рассмотрены возможные способы усиления аварийных конструкций.*

**Ключевые слова:** динамические колебания, несущая способность, усиление металлических конструкций.

Для поддержания конкурентоспособности металлургическим предприятиям требуется проводить техническое

переворужение сталеплавильного производства и других переделов, заключающееся в применении современного оборудования и использовании новейших энергосберегающих технологий. Строительство конвертерного цеха ОАО «АМК» стало важным этапом такого перевооружения. Применение конвертерного способа производства гарантирует выпуск стали с высокими показателями качества, которые соответствуют мировым стандартам.

Применение современных технологий выявляет проблемы, которые ранее были неизвестны. Так, в результате применения кислородной продувки металла для производства конвертерной стали в ряде элементов конструкций появились вибрации, приводящие к разрушению.

В 2009 году специалистом Lorenz Consult по заказу Siemens VAI Metals Technologies GmbH & Co (СФАИ) [1] было выполнено экспертное заключение о техническом состоянии конструкций площадок и других элементов металлических конструкций кислородно-конвертерного цеха ОАО «АМК». В результате были получены данные о вибрациях, возникающих в металлических конструкциях, природе их возникновения и их влиянии на долговечность конструкций.

Устранение вибраций в действующем цеху, несмотря на ранее проведенные обследования [1], остается актуальной задачей, поскольку на основании результатов исследований не удалось выяснить все источники вибрации и их влияние на несущую способность конструкций цеха.

Для оценки влияния вибраций в конструкциях кислородно-конвертерного цеха за основу принят метод расчета, предложенный фирмой Lorenz Consult [1].

**Сущность метода** заключается в получении представления об имеющейся жесткости конструкций сооружения, которая обеспечивается за счет выбранных статической системы и геометрических параметров. Недостатком предложенного метода является то, что расчет выполнен по одной из главных осей при помощи двухмерной модели, что не дает полного представления о действительной работе конструкций [1].

**Научная новизна** данной работы состоит в разработке методики определения собственной частоты колебаний системы «основание-фундамент-здание» с использованием пространственной расчетной схемы и с учетом напряженно-деформированного состояния конструкций и других факторов.

**Целью работы** является создание научно-обоснованной методики прогноза и аналитического учета несовершенств силового сопротивления строительных конструкций ККЦ ОАО «АМК» при вибрационных воздействиях от промышленного оборудования

для обеспечения удовлетворительных условий их эксплуатации, долговечности и при необходимости разработки рекомендаций их усиления.

Ввиду сложности поставленной задачи и большого числа факторов, оказывающих влияние на вибрации и долговечность каркаса кислородно-конвертерного цеха, решение возможно только при использовании современных методов, позволяющих учитывать все факторы.

В работе представлен метод расчета с помощью вычислительного комплекса «Ли́ра» с использованием процедуры «модального анализа», что позволяет для заданной модели автоматически получить соответствующие ей частоты и формы собственных колебаний. Именно их значения и являются предметом анализа и сравнения с фактически полученными при технической диагностике.

Для создания математической модели и расчета конструкций использовались данные, взятые из проекта строительства кислородно-конвертерного цеха.

Результаты ранее проведенных динамических испытаний [1] показывают, что наибольшее динамическое влияние от технологического процесса приходится на отдельные узлы системы, приведенные на рис. 1.

Поэтому при создании математической модели данные узлы (узел 1, узел 2) рассматривались более детально.

Все виды нагрузок определялись в соответствии с ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия» [2] и согласно техническому заданию на проект [3]. Расчеты выполнялись на комбинацию нагрузок, которые включали постоянные нагрузки от собственного веса конструкций, полезную временную нагрузку от веса оборудования, нагрузку от снега и ветра с соответствующими коэффициентами надежности. Динамические нагрузки были получены на основе статических с учетом коэффициентов преобразования.

На первом этапе, по предложенной методике, введение исходных данных для расчета было выполнено в статической постановке, т.к. задаваемые нагрузки не связаны с технологическим процессом. Составлена расчетная схема, в которой детально проработаны узлы, на которые приходится наибольшие динамические воздействия.

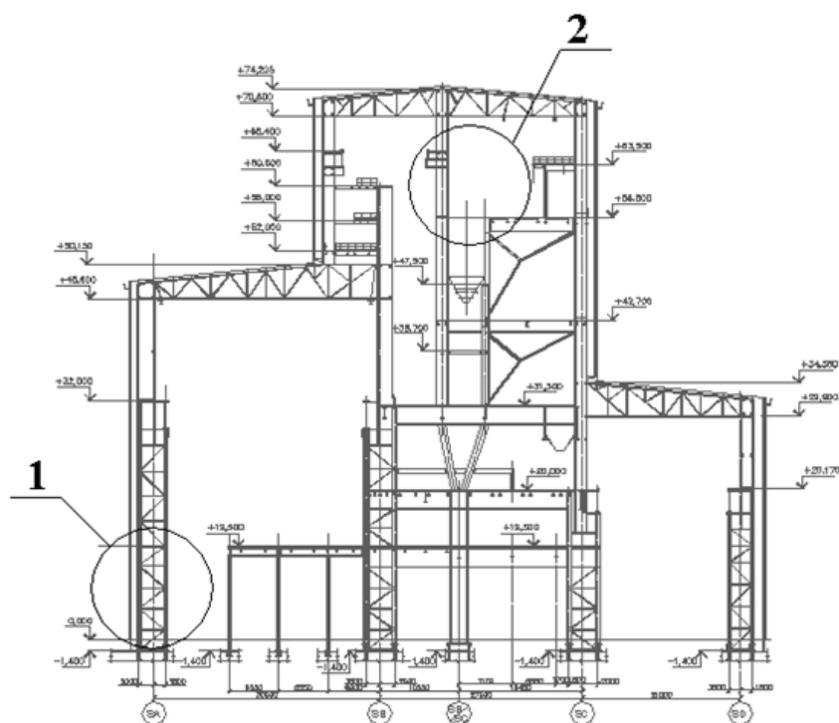


Рис. 1. Общий вид расположения узлов системы на поперечном разрезе цеха:  
 узел 1 – стена цеха и основная колонна (ось S7) на нулевой отметке;  
 узел 2 – основная колонна в оси цеха S7 и вторичная колонна, расположенная поблизости (площадка на отметке 56,5 м)

На втором этапе рассматривалась совместная работа конструкций с учетом воздействия на них динамических нагрузок от технологического процесса.

При выполнении расчетов оценивалось влияние динамических колебаний от технологического процесса на конструкции производственного цеха. По результатам расчета были определены собственные частоты колебаний конструкций, которые находятся в диапазоне от 0,2 Гц до 1,8 Гц, что частично совпадает с диапазоном колебаний, вызванных технологическим оборудованием, определенных фирмой Lorenz Consult при анализе вибраций металлических конструкций кислородно-конвертерного цеха [1]. Это свидетельствует о том, что конструкции находятся в резонансном режиме, что может вызвать преждевременный отказ конструкций или отдельных их элементов и вызвать их разрушение.

На основе полученных результатов расчета установлено, что необходима разработка способов предотвращения преждевременного выхода конструкций из нормальных условий эксплуатации.

Усиление может выполняться различными способами: увеличением площади сечения элементов конструкций наиболее подверженных влиянию динамических колебаний; установкой дополнительных связей в местах наибольших вибраций; регулированием напряженно-деформированного состояния элементов конструкций методом локального термического воздействия.

Выбор каждого из способов усиления конструкций имеет свою область рационального применения. Так, наиболее распространены первые два способа усиления металлических конструкций ввиду своей относительной простоты расчёта, реализации и их изученности.

Регулирование напряженно-деформированного состояния элементов конструкций методом локального термического воздействия пока имеет ограниченное применение. Однако последние результаты исследований [4, 5] показывают, что данный способ усиления при реконструкции более экономичен, а в сочетании с остальными способами позволяет добиться наилучших

результатов по обеспечению несущей способности усиливаемых конструкций.

#### Л и т е р а т у р а

1. Экспертное заключение «Анализ вибраций на металлоконструкциях сталеплавильного цеха ОАО «АМК» / [авт. текста Lorenz Consult]. – Алчевск, 2009. – 9 с.

2. Нагрузки и воздействия: ДБН В.1.2-2:2006. – Офиц. изд. – К.: Госстрой Украины, 2006. – 81 с.

3. Техническое задание на проектирование кислородно-конвертерного цеха ОАО «АМК» / [авт. текста ОАО «АМК»]. – Алчевск, 2003. – 59 с.

4. Голоднов А.И. Напряжённо-деформированное состояние стальных двутавров после высокотемпературных воздействий на кромках / А.И. Голоднов, В.В. Псюк, Б.В. Иванов // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. – К.: Вид-во "Сталь", 2013. – Вип. 11. – С. 115-122.

5. Псюк В.В. Несущая способность стальных конструкций после выравнивания сваркой / В.В. Псюк, А.И. Голоднов, И.А. Никишина, Б.В. Иванов // Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2014. – С. 186-189.

**Псюк В.В., Карапетян С.Х., Нікішина І.О., Псюк М.Ю.** Несуча здатність конструкцій киснево-конвертерного цеху ВАТ «АМК».

*Запропоновано методику розрахунку металевих конструкцій з урахуванням динамічних впливів. Визначено власні частоти і вимушені*

*частоти коливаль від технологічного обладнання. Розглянуто можливі способи посилення аварійних конструкцій.*

**Ключові слова:** динамічні коливання, несуча здатність, посилення металевих конструкцій.

**Psyuk V.V., Karapetyan S.Kh., Nikishina I. A., Psyuk M.U.** Bearing strength of construction the oxygen-converter shop Alchevsk Iron & Steel Works, PJSC.

*Proposed the method of calculation of metal constructions taking into account dynamic influences. Are determined the natural frequencies and forced frequency of oscillations of technological equipment. Consider possible methods for enhancing the emergency structures.*

**Key words:** dynamic vibrations, bearing strength, strengthening of metal constructions.

**Карапетян Смбат Хачатурович**, кандидат технических наук, доцент, доцент. Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск.

**Псюк Виктор Васильевич**, кандидат технических наук, доцент, и.о. зав. кафедры «Строительные конструкции». Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск.

**Псюк Марина Юрьевна**, аспирант. Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск.

**Никишина Ирина Александровна**, аспирант. Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск.

УДК 629.714

## ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КЛАПАНЫ-УСИЛИТЕЛИ ПРИВОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

**Ремень В.И.**

## THE PNEUMATIC VALVES – AMPLIFIERS OF DRIVES OF MECHANICAL SYSTEMS

**Remen V.**

*Рассмотрены пневматические клапаны-усилители приводов строительных машин, обладающих улучшенными статическими и динамическими характеристиками, что обеспечивает повышение точности позиционирования и экономичности привода.*

**Ключевые слова:** пневматический привод, клапан-усилитель, управление, регулирование.

Одной из приоритетных задач повышения технико-экономической эффективности строительных машин является обеспечение оптимальных режимов функционирования их приводов. В строительстве, транспорте, работах манипуляторов широко применяются пневматические приводы, что объясняется

простотой их конструкции, надежностью и безопасностью работы, невысокой стоимостью и простотой обслуживания. Поэтому одним из путей решения этой задачи является разработка и исследование новых эффективных устройств следящих пневматических приводов, что может обеспечить существенный положительный эффект.

В настоящее время большинство пневматических приводов оборудовано пневматическими исполнительными приводами - мембранными, поршневыми и клапанами - усилителями. В связи с широким использованием микропроцессорной техники в последнее время разработаны специальные цифровые управляющие устройства, позволяющие реализовать широкий набор регулирующих функций - ПИ-регулирование, каскадное регулирование, регулирование соотношения. Применение цифровых устройств позволяет регулировать входное управляющее воздействие в пневматическое исполнительное устройство в целях корректировки его характеристики, что предопределяет использование промежуточного элемента, предназначенного для связи микро-ЭВМ (или любой другой системы автоматического управления) с исполнительным пневматическим механизмом. Анализ конструкций современных усилителей пневматических систем автоматического управления показывает, что в последнее время наметилась тенденция использования мембранных пневматических клапанов-усилителей, являющихся более экономичными по сравнению с золотниковыми и особенно струйными и вихревыми усилителями, которые благодаря малым утечкам рабочей среды имеют достаточно высокое быстродействие и высокую пропускную способность. Существует множество различных конструкций мембранных усилителей, однако разработка и исследование пневматического привода регулирующих органов транспортных систем с малогабаритными, быстродействующими клапанами-усилителями, работающими в аналоговом и дискретном режимах, до сих пор является актуальной.

Основным элементом предлагаемых приводов для строительных машин является клапан-усилитель [1] с пневматическим управлением и отрицательной обратной связью по давлению, представленный на рис. 1.

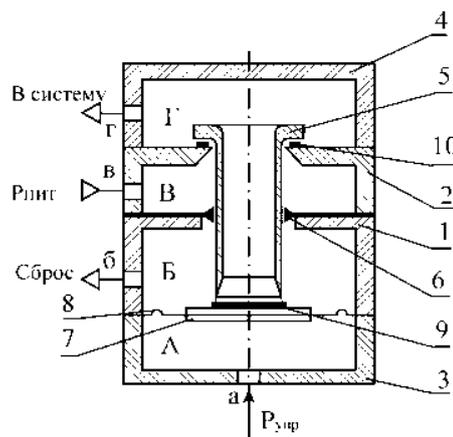


Рис. 1. Клапан - усилитель с пневматическим управлением

Клапан-усилитель содержит две корпусные детали - нижнюю 1 и верхнюю 2 с двумя крышками 3 и 4, в которых расположены полый клапан 5, жестко связанный с мембраной 6, установленной между корпусными деталями 1 и 2, мембранный привод клапана, состоящий из гибкой мембраны 8 с жестким центром 7, уплотнений 9 и 10 для герметизации выходной камеры Г и входной В. В корпусе расположены камеры А, Б, В, Г и соответствующие им каналы а- управления, б- рабочей среды в атмосферу, в- питания и г-выхода, представляющие собой сверления в корпусах и крышках клапана-усилителя. Клапан-усилитель разработан на давление питания 0,6 МПа и давление управления - 0,02- 0,1 МПа и работает таким образом:

При подаче давления питания в камеру В полый клапан 5 усилием на мембране 6 прижат к корпусу 2. Из-за уплотнения 10 давление питания на выход не поступает. Выходная камера Г через полый клапан 5 свободно сообщается с атмосферой через камеру сброса Б. Давление на выходе равно 0. При подаче давления управления в камеру А мембрана 8 с жестким центром 7 и уплотнением 9 поднимается, прижимается к полуму клапану 5 и поднимается вместе с ним, освобождая проход воздуху под давлением питания через клапанную щель в выходную камеру Г, где начинает возрастать давление. Это давление будет расти до тех пор, пока сила давления на мембрану 8 со стороны выходного давления не станет больше силы на этой же мембране со стороны давления управления, т.е.  $F_2 \geq F_a$ . В этом случае полый клапан 5 вместе с мембранным блоком 8 опустится вниз, отсекая

питание от выхода, и займет новое равновесное состояние.

При увеличении давления управления мембранный блок поднимает полый клапан, питание пройдет на выход, выходное давление увеличится, и клапан снова придет в положение равновесия.

При уменьшении давления управления  $F_a \leq F_z$  и мембранный блок 8 опустится вниз, часть воздуха из камеры выхода Г пройдет в камеру сброса Б и затем в атмосферу, давление на выходе уменьшится, и мембрана 8 снова прижмется к клапану 5.

Таким образом, предлагаемый клапан-усилитель представляет собой аналоговый пневматический усилитель, в котором

$$p_{\text{вых}} = k p_{\text{вх}},$$

где  $p_{\text{вых}}$  - давление на выходе (камера Г)

$p_{\text{вх}}$  - давление управления (камера А)

$k$  - коэффициент усиления, зависящий от соотношения эффективных площадей мембраны 6, мембраны 8 с жестким центром 7, диаметра полого клапана.

Клапан - усилители, применяемые в системах управления и регулирования строительных машин, чаще всего имеют отрицательную обратную связь по перемещению исполнительного механизма. Поэтому был разработан клапан-усилитель с обратной связью по перемещению на базе описанного ранее усилителя с отрицательной обратной связью по давлению. Принципиальная схема такого усилителя представлена на рис.2.

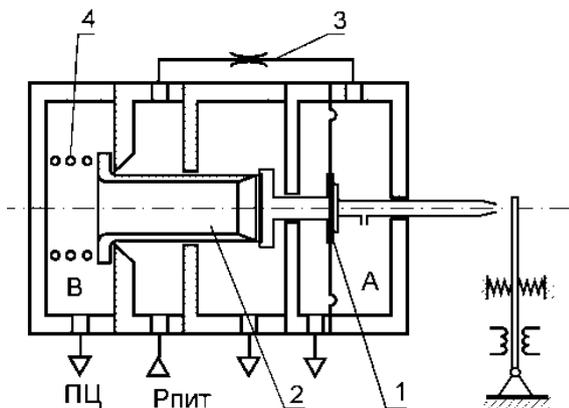


Рис. 2. Клапан - усилитель с обратной связью по давлению и перемещению

В отличие от клапана-усилителя, представленного на рис.1, здесь отсутствует мембрана, с помощью которой клапан прижимался к седлу. Она заменена пружиной 4. Кроме этого, дополнительно присутствует еще

один каскад управления, представляющий собой усилитель типа сопло-заслонка, связанный с управляющей мембраной 1.

В нейтральном положении полый клапан прижат к седлу с помощью пружины 4, и давление питания на выход не проходит. Заслонка занимает среднее положение, и давление управления в камере Д равно 0. (Давление питания через канал 3 и открытое сопло проходит в атмосферу). При приближении заслонки к соплу начинает возрастать давление управления в камере Д, мембрана 1 перемещает полый клапан 2, сжимая пружину 4 и открывая проход давлению питания в камеру выхода В. В камере В начинает расти давление. Оно будет расти до тех пор, пока сила на мембранном блоке со стороны пружины 4 и давления выхода не станет больше силы со стороны давления управления, т.е.

$$F_{\text{пр}} + F_{\text{в}} \geq F_{\text{д}}$$

Тогда клапан опустится вниз, давление питания отсекается от камеры выхода, и мембранный блок занимает новое равновесное состояние. При отходе заслонки от сопла давление в камере Д уменьшается, мембрана 1 отходит от полого клапана 2, выходная камера В соединяется через полый клапан с камерой сброса. давление на выходе уменьшается, и мембранный блок займет новое положение равновесия. Таким образом, выходное давление является функцией перемещения заслонки, т.е.

$$p_{\text{вых}} = k h,$$

где  $p_{\text{вых}}$  - выходное давление

$h$  - перемещение заслонки

$k$  - коэффициент усиления, зависящий от коэффициента усиления сопло-заслонка, усилия пружины 4, диаметра полого клапана и сопла.

На базе клапана-усилителя с отрицательной обратной связью по давлению (рис.1) и перемещению (рис. 2.) был разработан пневматический аналоговый усилитель с электромагнитным управлением (рис.3).

Предлагаемый клапан-усилитель содержит корпус 1, в котором расположены перегородки 2 и 3. На перегородке 3 расположена упругая мембрана 4, на которой закреплен полый золотник 5 клапанов питания и сброса. Мембранный блок состоит из выльх

мембран 6 и 7, жесткие центры которых соединены между собой и якорем блока преобразования входного электрического сигнала в усилие 8. Эффективная площадь мембраны 6 больше эффективной площади мембраны 7.

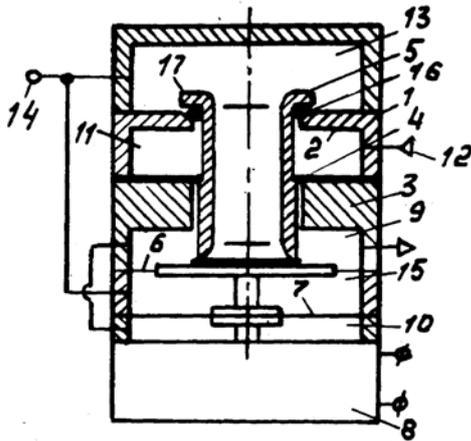


Рис. 3. Клапан-усилитель с электромагнитным управлением

Полый клапан 5 расположен с зазором в центральных отверстиях перегородок 2 и 3. Седлом клапана сброса является жесткий центр мембраны 6. Камера 9 сброса соединена с атмосферой и с глухой камерой 10. Камера питания 11 соединена с каналом питания 12. Внутренняя полость полого клапана 5 соединена с выходной камерой 13, подключенной к входному каналу 14 и межмембранной камере 15. Седло 16 клапана питания выполнено в перегородке 2, причем для уплотнения между седлом 16 и торцом полого клапана 5 расположено упругое кольцо 17. Диаметры жестких центров мембран (при равных диаметрах заделки) выбраны из условия:

$$D_6 > D_7 > D_k,$$

где  $D_6$  - диаметр жесткого центра мембраны 6

7 - диаметр жесткого центра мембраны 7

$D_k$  - диаметр кольца жесткого центра мембраны 6 со стороны торца полого клапана 5.

Для повышения точности камера 5 соединена с камерой сброса 9. Для разгрузки выходное давление подается из камеры 13 в камеру 15. Клапан-усилитель работает таким образом: в исходном положении при наличии давления питания и отсутствии электрического сигнала клапан питания закрыт (давление

питания воздействует на упругую мембрану 4 и прижимает полый клапан к уплотнительному кольцу 17). Выходной сигнал равен 0. При подаче входного электрического сигнала усилие от блока 8 через жесткий центр мембранного блока открывает клапан питания. Давление в камерах 13 и 15 возрастает до тех пор, пока суммарное усилие от выходного давления не уравнивает усилие от преобразующего блока 8. Площадь окна камеры 9 выбрана с запасом. Поэтому в рабочем диапазоне частот не происходит увеличение давления в камере 9. Камера 10 играет роль низкочастотного фильтра (гасит высокочастотный шум), что приводит к повышению устойчивости работы преобразователя. Соотношение эффективных площадей мембран 6 и 7 позволяет получить требуемый коэффициент усиления.

Таким образом, разработанный клапан-усилитель с электромагнитным управлением блокирован от явления короткого замыкания, обеспечивает достаточно высокое быстродействие и точность преобразования электрического сигнала в давление, т.е.

$$p_{\text{вых}} = k U_{\text{вх}},$$

где  $p_{\text{вых}}$  - выходное давление,

$U_{\text{вх}}$  - напряжение входа,

$k$  - коэффициент преобразования напряжения в выходное давление, зависящий от эффективных площадей и жесткости мембран, закона преобразования напряжения в перемещение якоря (линейности электромагнита) и т.д. и т.п.

Для совместной работы клапана - усилителя и регулятора при управлении работой пневматического привода необходимо наличие дополнительной камеры, в которую должен подаваться сигнал задания от регулятора. Такой клапан - усилитель представлен на рис.4. От клапана - усилителя (рис. 2) он отличается только наличием дополнительной камеры управления Г.

Работа этого клапана-усилителя заключается в следующем: при отсутствующем давлении управления давление питания поступает через полость Б, по каналу 8, дроссель 10, полость Д и сопло 6 в атмосферу.

Давление в камере В становится равным атмосферному, и жесткий центр устанавливается в среднем положении. Т. к. сопло 6 является нормально закрытым (под

действием пружины 13), вследствие чего повышается давление в камере Д, мембраны вместе с жёстким центром движутся вниз, опускают полый клапан 12, соединяя полости А и Б.

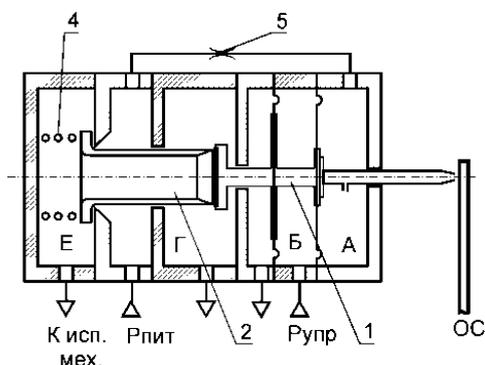


Рис. 4. Клапан - усилитель с дополнительной камерой управления

Давление питания поступает из полости А в мембранную силовую камеру 5, сжимая при этом пружину 2. Мембрана 4, двигаясь вверх, тянет за собой рычаг 14, отодвигая заслонку и соединяя с атмосферой полость Д. Давление в камере Д падает, и мембранная сборка 9 устанавливается в каком-то равновесном положении.

При подаче в камеру Г давления управления (например, от регулятора) мембранная сборка поднимется вверх, снова соединяя камеры А и Б, увеличивая давление в полости 5, приоткрывая отверстие сопла 6, уменьшает давление в камере Д, после чего мембранная сборка должна восстановиться до нового равновесного положения.

В данной системе для правильной работы необходимо выполнение такого условия:

$$P_{упр} \leq P_{пр} - P_{пит}$$

Выше были рассмотрены клапаны-усилители с отрицательными обратными связями по давлению, перемещению и электромагнитным управлением. В некоторых системах управления, например, в системах регулирования температуры теплоносителей охлаждающих устройств двигателей, чаще всего возникает необходимость иметь клапан - усилитель с обратными связями по давлению, перемещению и температуре одновременно. Поэтому на базе клапана-усилителя (рис 1.) был разработан пневматический усилитель со

всеми вышеперечисленными обратными связями, представленный на рис 5.

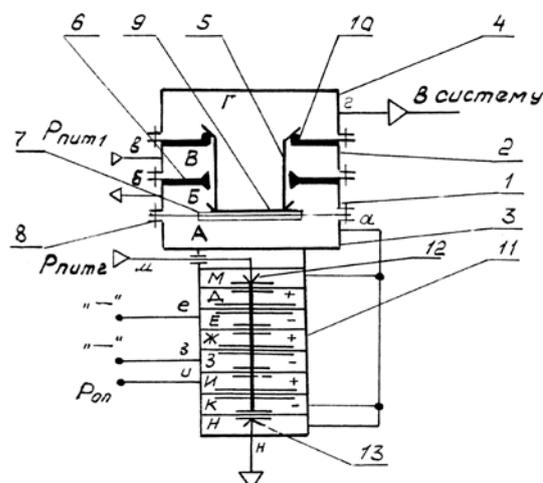


Рис. 5. Клапан - усилитель с отрицательными обратными связями по давлению, перемещению и температуре и мембранный привод вентилятора охлаждения

Пневматический клапан - усилитель, представленный на рис. 5, содержит две корпусные детали - нижнюю 2 с двумя крышками 3 и 4, в которых расположены: полый клапан 5, жестко связанный с мембраной 6, установленной между корпусными деталями 1 и 2, причем между полым клапаном 5 и корпусной деталью 1 есть зазор, мембранно-поршневой привод клапана, состоящий из поршня 7 и гибкой мембраны 8, установленной между корпусной деталью 1 и крышкой 3, уплотнений 9 и 10 для герметизации камер В и Г. В корпусе расположены также камеры А, Б, В и Г и соответствующие им каналы а-управления, б- сброса, в- питания усилителя и г-выхода рабочей среды. В нижней части корпуса к крышке 3 прикреплен семимембранный аналоговый элемент УСЭПА 11, предназначенный для выработки сигнала управления, поступающего в камеру А пневматического усилителя. Элемент УСЭПА содержит в своем корпусе мембранную сборку, состоящую из 7 мембран, соединенных между собой жестким центром и образующих шесть камер Д, Е, Ж, З, И, К. В полостях М и Н расположены сопла 12 и 13, которые в зависимости от положения сборки могут быть либо в закрытом, либо в открытом положении. К соплу 12 подведено питание системы управления, а через сопло 13 камера Н соединена с атмосферой.

К камерам Е и З могут быть подключены отрицательные обратные связи, а к камерам Д, Ж, К – положительные обратные связи, либо в одну из последних можно подать опорное давление, равное приблизительно половине давления питания.

Клапан - усилитель работает таким образом: В исходном состоянии (мембранная сборка элемента УСЭППА находится в крайнем верхнем положении) давление в камере А отсутствует, полый клапан 5 благодаря давлению питания прижат к корпусной детали 2 мембраной 6 и уплотнен в узле 10. Давление выхода отсутствует. При подаче в одну из камер для положительной обратной связи (З, К или Д) опорного давления мембранная сборка элемента УСЭППА будет находиться в крайнем нижнем положении (давление в камерах Е и З отсутствует), и в камере А пневматического усилителя появится давление питания, которое переместит вверх поршень 7 вместе с полым клапаном 5, соединяя зазором камеру питания В с выходной камерой Г при одновременном уплотнении в узле 9. Рабочая среда под давлением поступает в камеру Г и к объекту. По мере увеличения давления Г растет и сила, действующая на верхний торец поршня 7 и направленная против перемещения поршня, то

есть осуществляется отрицательная обратная связь по выходному давлению.

При увеличении давления в полостях Е и З мембранная сборка начнет подниматься и прикрывать сопло полости М, что вызовет понижение давления в полости А. В этом случае полый клапан 5 и поршень 7 движутся вниз, причем клапан 5 зависает и уплотняется по корпусной детали 2, а поршень 7, продолжая двигаться вниз, образует зазор, через который полость Г соединяется с полостью Б и каналом сброса. Рабочая среда будет выходить из объекта, а давление будет падать до тех пор, пока не установится новое равновесное состояние поршня 7 и мембраны 8, определяемое соотношением  $p_A F_A = p_G F_G$ , где  $p$  и  $F$  - избыточные давления и эффективные площади мембранного привода соответственно со стороны камер А и Г.

При снятии давления управления (мембранная сборка находится в крайнем верхнем положении) поршень 7 опустится вниз и в камере Г установится давление, равное давлению в канале сброса.

На базе предлагаемых клапанов-усилителей был разработан пропорциональный распределитель, приведенный на рис. 6.

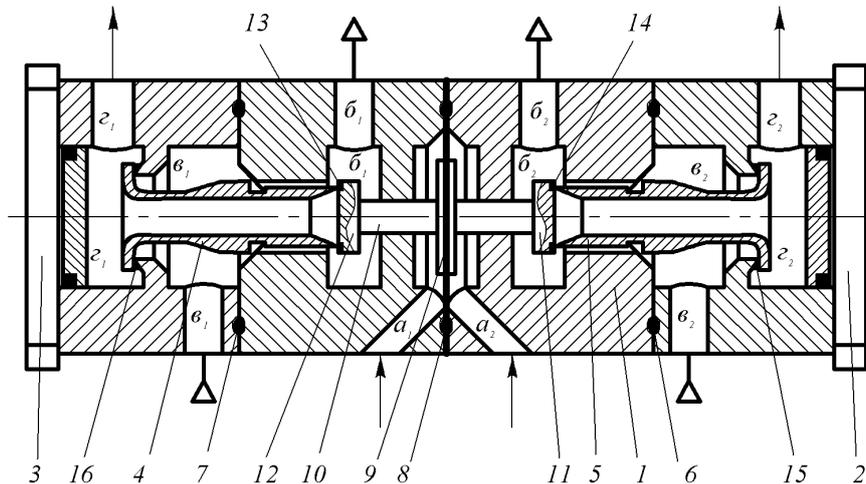


Рис.6. Пропорциональный распределитель

Он содержит два клапана-усилителя, имеющих общий мембранный привод с толкателями, и конструктивно состоит из корпуса 1 с двумя крышками 2 и 3, в которых расположены полые клапаны 4 и 5, подвешенные на эластичных мембранах 8 с жестким центром 9, связанной со штоком 10, на котором установлены толкатели 11 и 12,

уплотнений толкателей 13 и 14 и узлов уплотнений выходных камер 15 и 16. По обе стороны управляющей мембраны расположены камера управления А1 и А2 с каналами управления а1 и а2 камеры выхода Г1 и Г2, питания В1, В2 и сброса рабочей среды Б1 и Б2 с каналами выхода г1, г2 питания в1, в2 и сброса б1 и б2.

Пропорциональный пневмораспределитель работает таким образом: при отсутствии сигнала управления в камерах А1 и А2 и наличии питания в камерах В1 и В2 полые клапаны 4 и 5 при помощи эластичных мембран прижаты к толкателям 11 и 12 и уплотнены в узлах 15, 16 и 13, 14. Давление на выходах г1 и г2 отсутствует.

При подаче сигнала в камеру управления (например, в А1) мембрана 8 сдвигается влево, и толкатель 11 перемещает полый клапан 4. Рабочая среда из камеры В1 через зазор поступает в камеру Г1. Давление через полый клапан 4 воздействует на толкатель 11, осуществляя отрицательную обратную связь по давлению. Давление в камере Г1 будет пропорционально давлению управления. В это же время толкатель 12, перемещаясь влево, соединяет камеру Г2 через полый клапан с камерой Б2 сброса в атмосферу.

Если пропорциональный распределитель соединить с исполнительным механизмом (пневмоцилиндром), то при подаче сигнала в камеру А1 осуществляется подача воздуха в рабочую полость пневмоцилиндра, из второй полости воздух сбрасывается в атмосферу.

При подаче сигнала управления в камеру А1 клапанная сборка с толкателями перемещается вправо, и осуществляется обратный ход.

При снятии сигнала управления (или при одновременной подаче его в обе камеры управления) клапанная коробка занимает исходное положение, и сброс в атмосферу отсекается. Происходит торможение пневмоцилиндра.

Наличие полых клапанов позволяет осуществить отрицательную обратную связь по давлению, что позволит пропорциональному распределителю работать в аналоговом режиме с линейной зависимостью выходного давления от давления управления.

Применение предлагаемых пневматических устройств с дополнительными отрицательными обратными связями по перемещению, давлению, температуре, мощности двигателя и т.д и т.п. и новыми усилительно-преобразующими элементами с повышенными статическими и динамическими характеристиками, предназначенных для управления пневматическими приводами строительных машин и механизмов на базе пропорционально-интегральных регуляторов, позволило улучшить точность

позиционирования и дало возможность повысить эффективность работы привода в целом.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что рассмотренные устройства на базе управляемых клапанов-усилителей благодаря высоким статическим и динамическим характеристикам являются перспективными для применения в пневматических приводах строительных машин и роботов – манипуляторов.

#### Л и т е р а т у р а

1. В.И.Ремень и др Пневматический усилитель // А.с. 11348572(СССР).- Оpubл. в Б.И.,1987, №40.
2. В.И.Ремень и др Пневматический аналоговый преобразователь //А.с.1550238(СССР).- Оpubл. в Б.И.,1990, №10.
3. В.І. Ремень, А.О. Коваленко, Я.В. Мушкаєв. Пневматичний підсилювач.
4. // Патент України МПК 6 F 15 C 3/04
5. В.І. Ремень, А.О. Коваленко, Я.В. Мушкаєв. Пропорційний розподільник
6. // Патент України МПК6 16 T 1/16
7. Morgan Jones. Building Valve Amplifiers/ Morgan Jones/ -Ntwnes.-2004.-363 p.
8. Osenin Y.. Remen V. Accuracy increase of positioning of pneumatic drives for mechanical systems/ Osenin Y.. Remen V. // ТЕКА Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. - 2010.- № V XB. -p. 95-99.
9. Osenin Y.. Remen V., Epifanova O. Mathematical model of valve - amplifiers for pneumatic drives of mechanical systems./ Osenin Y.. Remen V., Epifanova O.// ТЕКА Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. -2010.-№ V XC.-p. 255-260.
10. Remen V., Vylich O., Lordkipanidze V. Static characteristics of valve-amplifiers for pneumatic drives of mechanical systems./ Remen V., Vylich O., Lordkipanidze V. // ТЕКА Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture.,-2011.-№ V XC.- p. 255-260.

#### **Ремень В.І. Пневматичні клапани-підсилювачі приводів будівельних машин**

*Розглянуто пневматичні клапани-підсилювачі приводів будівельних машин, що мають поліпшені статичні й динамічні характеристики, що забезпечує підвищення точності позиціонування та економічності приводу.*

**Ключові слова:** пневматичний привід, клапан-підсилювач, керування, регулювання

#### **Remen V. The pneumatic valves – amplifiers of drives of mechanical systems**

*The pneumatic valves – amplifiers of drives of construction machinery, possessing improved static and*

*response characteristics are reviewed, increase accuracy of positioning and improvement of its response characteristics are shown.*

**Key words:** *a pneumatic drive, valve - amplifier, control, feedback transfer function.*

**Ремень Валентин Иванович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Вентиляция, тепло -и газоснабжение». ГОУ ВПО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

УДК 629.714

## ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

**Ремень В.И.**

## PNEUMATIC DEVICES OF REGULATION OF TEMPERATURE OF COOLANT OF COOLING SYSTEMS

**Remen V.**

*Рассмотрены пневматические устройства регулирования температуры на базе позиционеров с дополнительными обратными связями для управления мембранным приводом поворота лопаток вентилятора охлаждающих систем двигателей строительных машин*

**Ключевые слова:** *позиционер, мембранный привод, вентилятор, охлаждающее устройство.*

Одной из приоритетных задач повышения технико-экономической эффективности двигателей является обеспечение оптимальных режимов их систем охлаждения. Для современных двигателей больше половины всей мощности вспомогательного оборудования затрачивается на привод вентиляторов охлаждающих систем, что составляет от 3 до 6% его эффективной мощности. Чаще всего используются механические, гидромеханические, гидростатические и электрические приводы вентиляторов.

В настоящее время большинство пневматических приводов оборудовано пневматическими исполнительными приводами - мембранными, поршневыми и позиционерами. В связи с широким использованием микропроцессорной техники в последнее время разработаны специальные цифровые управляющие устройства, позволяющие реализовать широкий набор регулирующих функций - ПИ-регулирование,

каскадное регулирование, регулирование соотношения. Применение цифровых устройств позволяет регулировать входное управляющее воздействие в пневматическое исполнительное устройство в целях корректировки его характеристики, что предопределяет использование промежуточного элемента, предназначенного для связи микро-ЭВМ (или любой другой системы автоматического управления) с исполнительным пневматическим механизмом. Анализ конструкций современных усилителей пневматических систем автоматического управления показывает, что в последнее время наметилась тенденция использования мембранных пневматических клапанов-усилителей, которые, имеют достаточно высокое быстродействие и высокую пропускную способность. Существует множество различных конструкций мембранных усилителей, однако разработка и исследование пневматического привода регулирующих органов транспортными системами с малогабаритными, быстродействующими клапанами-усилителями, работающими в аналоговом и дискретном режимах, до сих пор является актуальной.

В системах охлаждения двигателей нашли широкое применение осевые вентиляторы с поворотными лопастями, угол поворота которых и, следовательно, расход

зависит от температуры теплоносителя. В качестве привода поворота используется пневматический мембранный привод с управлением от пневматического устройства - позиционера с отрицательной обратной связью

по положению регулирующего органа. Примером такого позиционера может служить клапан-усилитель с внутренней отрицательной обратной связью по давлению (рис.1).

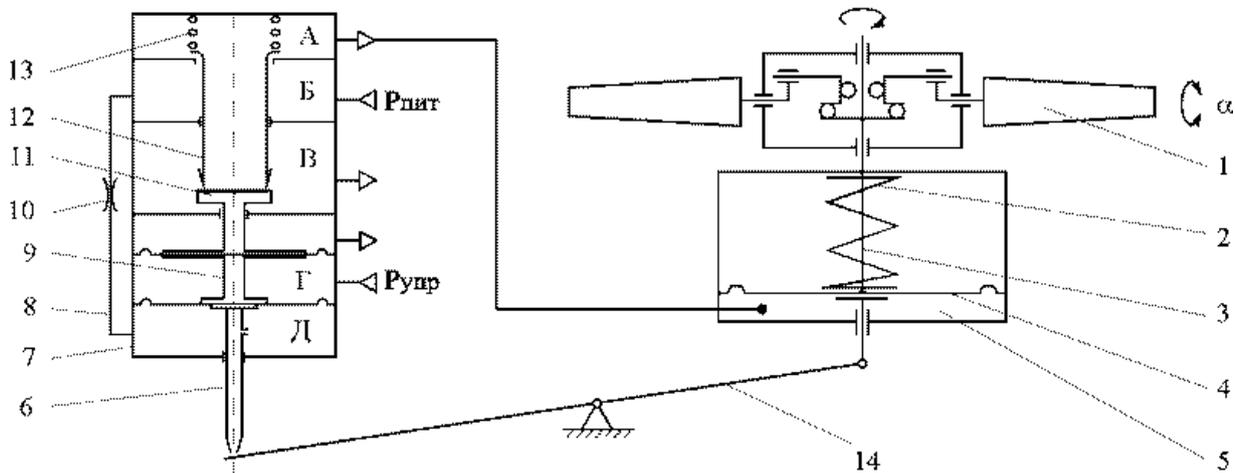


Рис 1. Привод с позиционером с обратной связью по перемещению

Данный привод работает таким образом: при отсутствующем давлении управления давление питания поступает через полость Б, по каналу 8, дроссель 10, полость Д и сопло 6 - в атмосферу. Давление в камере В становится равным атмосферному, и жёсткий центр устанавливается в среднем положении. Т. к. сопло 6 является нормально закрытым (под действием пружины 13), вследствие чего повышается давление в камере Д, мембраны вместе с жёстким центром движутся вниз, опускают польй клапан 12, соединяя полости А и Б. Давление питания поступает из полости А в мембранную силовую камеру 5, сжимая при этом пружину 2. Мембрана 4, двигаясь вверх, тянет за собой рычаг 14, отодвигая заслонку и соединяя с атмосферой полость Д. Давление в камере Д падает, и мембранная сборка 9 устанавливается в каком-то равновесном положении.

При подаче в камеру Г давления управления (например, от регулятора) мембранная сборка поднимется вверх, снова соединяя камеры А и Б, увеличивая давление в полости 5, приоткрывая отверстие сопла 6, уменьшает давление в камере Д, после чего мембранная сборка должна восстановиться до нового равновесного положения.

В данной системе для правильной работы необходимо выполнение такого условия:

$$P_{упр} \leq P_{пр} - P_{пит}.$$

Однако данный привод из-за отсутствия обратных связей по давлению и температуре теплоносителя не обеспечивает необходимую точность регулирования, что снижает экономичность и эффективность охлаждающего устройства тепловоза в целом. Одним из путей решения задачи повышения технико-экономической эффективности охлаждающих систем является разработка и исследование новых эффективных устройств автоматического управления регулирующих органов, что может обеспечить существенный положительный эффект [1]. В связи с этим перспективным является применение пневматического привода поворота лопастей вентилятора, в котором используются позиционеры с обратными связями по положению регулирующего органа, давлению и температуре охлаждающего воздуха, обладающими высокими динамическими свойствами и малой зоной нечувствительности, позволяющими поддерживать оптимальную температуру теплоносителя на всех режимах работы тепло-энергетической установки. При этом создаются условия не только для экономии топлива, но и для уменьшения износа и повышения долговечности деталей и узлов силовой установки локомотивов

благодаря постоянству тепловой напряженности рабочих элементов.

Основными элементами такой системы является пневматический позиционер (клапан-усилитель), работающий совместно с мембранным приводом поворота лопаток вентилятора и имеющий отрицательные обратные связи по перемещению и температуре охлаждающего воздуха (рис.2). В качестве датчиков положения ДП и температуры ТД

могут быть использованы стандартные устройства с пневматическим выходным сигналом стандартного диапазона давления 0,02...0,1 МПа. Давление питания устройства управления – 0,14 МПа, позиционера – 0,2...0,8 МПа, выходное давление (в систему) – 0,2...0,8 МПа. Опорным сигналом является выходное давление (давление управления) от ПИ-регулятора системы охлаждения 0,02...0,1 МПа.

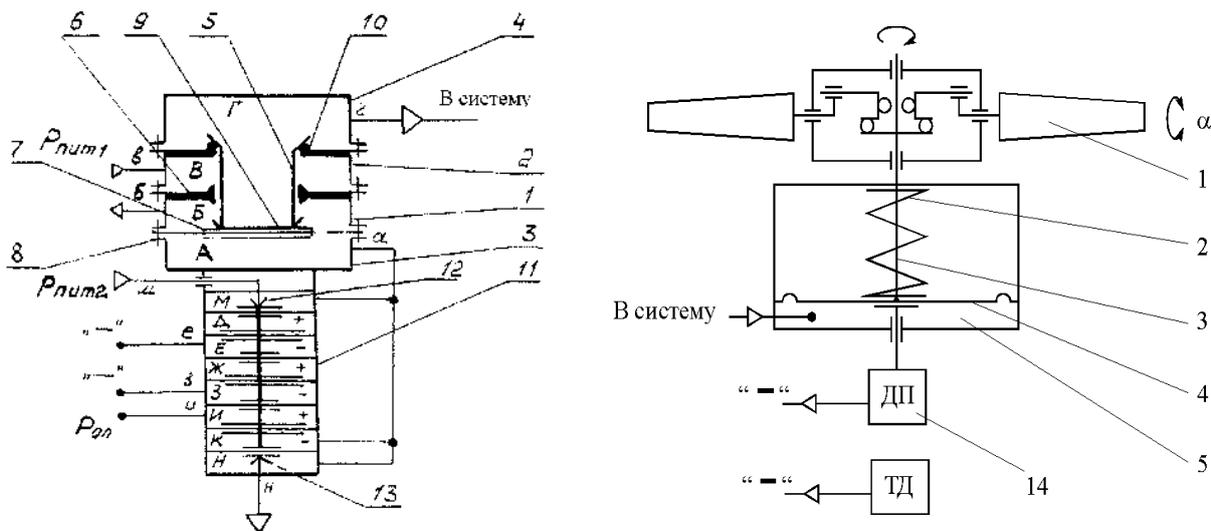


Рис. 2. Мембранный привод поворота лопаток вентилятора и позиционер с отрицательными обратными связями по перемещению и температуре

Система регулирования расхода охлаждающего воздуха работает таким образом: при изменении, например, температуры теплоносителя сигнал от датчика поступает в отрицательную камеру элемента управления, равновесие мембранной сборки нарушается, и выходной сигнал поступает в камеру А позиционера. Полый клапан 5 поднимается, и давление питания из камеры Г проходит в камеру Г и на выход (в систему) в мембранную камеру. Мембрана привода поднимается, преодолевая усилие пружины и через механическое устройство поворачивает лопатку вентилятора, увеличивая или уменьшая расход охлаждающего воздуха. Это будет происходить до тех пор, пока температура не достигнет своего оптимального значения, определяемого опорным сигналом. Система работает аналогичным образом при изменении положения регулирующего органа.

Анализ предложенных принципиальных схем систем охлаждения теплоносителей с

разработанными позиционерами показал, что динамические характеристики охлаждающих устройств оказывают существенное влияние на характер проходящих в них переходных процессов.

Предложенные позиционеры, установленные в рассмотренных выше пневматических приводах регулирования углом поворота лопаток вентилятора, позволяют не только существенно упростить структурную схему системы охлаждения, но и улучшить статические и динамические показатели этих систем. Введение дополнительных обратных связей позволяет улучшить качество переходных процессов в системе охлаждения, расширить область устойчивости, уменьшить величину перерегулирования.

#### Л и т е р а т у р а

1. Morgan Jones. Building Valve Amplifiers/ Morgan Jones/ -Ntwnes.-2004.-363 p.

2. Osenin Y., Remen V. Accuracy increase of positioning of pneumatic drives for mechanical systems/ Osenin Y., Remen V. // ТЕКА Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. - 2010.- № V XV. -р. 95-99.

3. Osenin Y., Remen V., Epifanova O. Mathematical model of valve - amplifiers for pneumatic drives of mechanical systems./Osenin Y. Remen V., Epifanova O./ТЕКА Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture.-2010.-№ V XC.-р. 255-260.

4. Remen V., Vylich O., Lordkipanidze V. Static characteristics of valve-amplifiers for pneumatic drives of mechanical systems./ Remen V., Vylich O., Lordkipanidze V. // ТЕКА Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture,-2011.- № V XC.- р. 255-260

5. Ю.И. Осенін, В.І. Ремень. Пневматичні пристрої регулювання температури теплоносіїв систем охолодження тепловозів // Вісн. Східноукр. держ. ун-ту. - 2000. - № 5(27) .-с 76-82.

**Ремень В.І. Пневматичні пристрої регулювання температури теплоносіїв систем охолодження.**

*Розглянуто пневматичні пристрої регулювання температури на базі позиціонерів з*

*додатковими зворотними зв'язками для управління мембранним приводом повороту лопаток вентилятора охолоджуючих систем двигунів будівельних машин*

*Ключові слова: позиціонер, мембранний привід, вентилятор, що охолоджує.*

**Remen V. Pneumatic devices of regulation of temperature of coolant of cooling systems**

*Pneumatic devices of regulation of temperature on the basis of positioners with additional feedback for control of the diaphragm drive of turn of blades of the fan of cooling systems of engines of construction machinery engines are considered.*

*Key words: positioner, diaphragm actuator, a fan, a cooling device.*

**Ремень Валентин Иванович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Вентиляция, тепло -и газоснабжение». ГОУ ВПО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

УДК624.016:536.2.08

## ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ СЛОЕВ МНОГОСЛОЙНОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ПРОЦЕСС ТЕПЛООБМЕНА

**Риблова Е.В.**

## THE MUTUAL INFLUENCE OF THE LAYERS OF A MULTILAYER STRUCTURE TO HEAT EXCHANGE

**Ievgeniia V. Riblova**

*Работа посвящена исследованию взаимовлияния слоев многослойной стенки на процесс теплообмена. Основным методом исследования принят метод математического моделирования. Получены основные соотношения, позволяющие рассчитать основные параметры теплообмена.*

**Ключевые слова:** многослойная конструкция, теплообмен, расчетные зависимости, математическое моделирование.

Ограждения не только защищают помещение от наружной среды, но и обмениваются с ним теплотой и влагой, пропускают воздух сквозь себя как внутрь, так

и наружу. Задача поддержания заданного теплового режима помещений здания (поддержания на необходимом уровне температуры и влажности воздуха, его подвижности, радиационной температуры помещения) возлагается на инженерные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Однако определение тепловой мощности и режима работы этих систем невозможно без учета влияния теплозащитных и теплоинерционных свойств ограждений. Поэтому система кондиционирования

микроклимата помещений включает в себя все инженерные средства, обеспечивающие заданный микроклимат обслуживаемых помещений: ограждающие конструкции здания и инженерные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Таким образом, современное здание - сложная взаимосвязанная система тепломассообмена - единая энергетическая система [1-3].

Ограждающие конструкции представляют собой многослойные стенки, и задачей представленной статьи является расчет взаимовлияния слоев многослойной стенки.

Пусть слой  $m-1$ , расположенный по направлению движения волны за слоем  $m$ , является «толстым». Тогда, как показано выше,  $Y_{m-1} = s_{m-1} \sqrt{i}$ .

Если  $s_{m-1} > s_m$ , т.е. если материал слоя ( $m-1$ ) более теплоустойчив, чем материал рассматриваемого слоя  $m$ , то затухание температур в слое  $m$  увеличивается по сравнению со случаем, когда  $s_{m-1} = s_m$ ; таким образом, слой  $m$  делается более теплоустойчивым. Если  $s_{m-1} < s_m$ , то получается обратный результат. Так влияет слой ( $m-1$ ) на затухание в слое  $m$ . При этом обратное влияние слоя  $m$  на затухание в слое ( $m-1$ ) отсутствует.

Если слой ( $m-1$ ) «тонкий», то  $Y_{m-1}$ , а следовательно, и затухание в слое  $m$  зависит не только от теплоустойчивости материала слоя ( $m-1$ ), но и от теплоустойчивости материала слоя ( $m-2$ ) и тем в большей степени, чем «тоньше» слой ( $m-1$ ). Если слой ( $m-2$ ) также является «тонким», то окажет влияние и теплоустойчивость материала слоя ( $m-3$ ) и т.д.

От добавления воздушной прослойки (с индексом  $k$ ) уменьшится затухание колебаний температуры в самой прослойке. Рассмотрим влияние прослойки на общее затухание колебаний температуры в стенке, когда прослойка заключена между двумя «толстыми» слоями.

Затухание в слое  $k$  составит:

$$\beta_{\text{вз.пр}} = 1 + \frac{s_{k-1} \sqrt{i}}{\Lambda_{\text{вз.пр}}}$$

Затухание в слое ( $k+1$ ) при отсутствии прослойки

$$\beta'_{k+1} = 0,5e^{R_{k+1} s_{k+1} \sqrt{i}} \left( 1 + \frac{s_{k-1}}{s_{k+1}} \right),$$

а при прослойке

$$\beta_{k+1} = 0,5e^{R_{k+1} s_{k+1} \sqrt{i}} \left( 1 + \frac{Y_k}{s_{k+1} \sqrt{i}} \right).$$

В последнее уравнение подставим величину  $Y_k$ , равную

$$Y_k = \frac{s_{k-1} \sqrt{i}}{\beta_{\text{вз.пр}}}.$$

Получим

$$\beta_{k+1} = 0,5e^{R_{k+1} s_{k+1} \sqrt{i}} \frac{\beta_{\text{вз.пр}} s_{k+1} + s_{k-1}}{\beta_{\text{вз.пр}} s_{k+1}}.$$

Следовательно, от добавления воздушной прослойки затухание колебаний температуры увеличивается в  $\eta$  раз, где

$$\eta = \frac{\beta_{\text{вз.пр}} \beta_{k+1}}{\beta_{k+1}} = \frac{\beta_{\text{вз.пр}} s_{k+1} + s_{k-1}}{s_{k+1} + s_{k-1}},$$

или

$$\eta = 1 + \frac{s_{k-1} s_{k+1} \sqrt{i}}{\Lambda_{\text{вз.пр}} (s_{k+1} + s_{k-1})}.$$

Если материалы слоев ( $k+1$ ) и ( $k-1$ ) одинаковы, то получим:

$$\eta = 1 + \frac{s \sqrt{i}}{2 \Lambda_{\text{вз.пр}}} = 1 + \frac{s(1+i)}{2 \sqrt{2} \Lambda_{\text{вз.пр}}},$$

где  $s$  относится к материалу обоих слоев.

Следовательно, увеличение затуханий колебаний температуры под влиянием воздушной прослойки тем значительнее, чем теплоустойчивее материал, в котором она включена.

Например, кирпич имеет при суточном периоде колебания  $s = 8,3$ , а торф  $s = 1,33$ . Увеличение затухания температур составит при  $\Lambda_{\text{вз.пр}} = 5,0$ :

а) в достаточно толстой кирпичной стенке

$$|\eta| = \sqrt{\left( 1 + \frac{s}{2 \sqrt{2} \Lambda_{\text{вз.пр}}} \right)^2 + \left( \frac{s}{2 \sqrt{2} \Lambda_{\text{вз.пр}}} \right)^2} = 1,70$$

(т.е. 70%)

б) в торфяной

$$|\eta| = 1,10 \text{ (т.е. 10\%).}$$

Если слой, между которыми включена прослойка, «тонкие», то на результат окажет влияние теплоустойчивость материалов прочих слоев, но по существу вывод не изменится.

Оценим влияние расположения слоев на затухание в двухслойной стенке. Для этого сравним затухание колебаний температуры в двухслойной стенке при одном и том же направлении волны, но при различных расположениях слоев (индексы будем относить к слоям независимо от расположения). Слои предполагаются «толстыми». Получим:

а) в одном случае (когда волна попадает вначале в слой 2)

$$\beta_{\theta,s} = \beta_1 \beta_2 \beta_c = 0,5^2 e^{(R_1 s_1 + R_2 s_2) \sqrt{i}} \times \frac{(a' + s_1)(s_1 + s_2) \left( s_2 + \frac{a''}{\sqrt{i}} \right)}{s_1 s_2 \frac{a''}{\sqrt{i}}};$$

б) в другом случае (когда волна попадает вначале в слой 1)

$$\beta_{\theta,s} = 0,5^2 e^{(R_1 s_1 + R_2 s_2) \sqrt{i}} \times \frac{\left( \frac{a'}{\sqrt{i}} + s_2 \right) (s_2 + s_1) \left( s_1 + \frac{a''}{\sqrt{i}} \right)}{s_1 s_2 \frac{a''}{\sqrt{i}}}.$$

Пусть  $s_1 > s_2$ . Предположим, что первое решение дает большее затухание колебаний температуры, т.е.

$$\left| \left( \frac{a'}{\sqrt{i}} + s_1 \right) \left( s_2 + \frac{a''}{\sqrt{i}} \right) \right| \left| \left( \frac{a'}{\sqrt{i}} + s_2 \right) \left( s_1 + \frac{a''}{\sqrt{i}} \right) \right|.$$

Выполняя преобразования, получим:

$$a' (s_2 - s_1) \gg a'' (s_2 - s_1).$$

Так как  $s_2 - s_1$  - число отрицательное, то принятое предположение выполняется, когда

$$a' \langle a''.$$

Итак, чтобы получить большее затухание колебаний температуры в двухслойной стенке, надо слой более теплоустойчивого материала располагать с той стороны стенки, где  $a$  меньше независимо от направления волны.

Если в стенке переменить направление волны на обратное и если при этом коэффициенты теплообмена с прилегающей средой у обеих поверхностей стенки

одинаковы, то затухание колебаний температуры и тепловых потоков в стенке не изменится. Если же  $a$  неодинаковы, то затухание изменится пропорционально

отношению  $\frac{a_n}{a_1}$  (если в первый раз волна шла

от поверхности  $n$  к поверхности 1, а во второй раз - обратно).

Это можно доказать с помощью таких соображений. Если стенка расположена в помещении и подвергается воздействию колебаний температур одной и той же среды с обеих сторон, то тепло через эту стенку передаваться не будет.

Пусть  $\beta_s$  - затухание колебаний температуры в стенке для теплово-вой волны, идущей справа, а  $\beta'_s$  - для волны, идущей слева, и пусть  $a$  и  $a'$  - коэффициенты теплообмена соответственно для правой и левой поверхностей стенки. Тогда из условия равенства тепловых потоков на обеих поверхностях получим:

$$\frac{\theta_c a'}{\beta_s} = \frac{\theta_c a}{\beta'_s}.$$

Следовательно,

$$\frac{\beta'_s}{\beta_s} = \frac{a}{a'}.$$

Таким образом, получены основные соотношения, позволяющие рассчитать процесс теплообмена через многослойные конструкции с учетом различных факторов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Андрийчук Н.Д. Термодинамика для инженеров-строителей/ Н.Д. Андрийчук, А.А. Коваленко, В.И. Соколов. – Луганск: изд-во ВЛУ им. В.Даля, 2005. – 304 с.
2. Карминский В.Д. Техническая термодинамика и теплопередача/ В.Д.Карминский . - М.: Маршрут, 2005. — 224 с.
3. Пригожин И. Современная термодинамика/ И. Пригожин, Д. Кондепуди. – М.: Мир, 2003. – 461 с.

**Ріблова Є.В. Взаємний вплив шарів багатшарової конструкції на процес теплообміну.**

*Робота присвячена дослідженням взаємовпливу шарів багатшарової стінки на процес теплообміну. Основним методом дослідження приймається метод математичного моделювання. Отримано основні співвідношення, що дозволяють розрахувати параметри теплообміну.*

**Ключові слова.** Багатшарова конструкція, теплообмін, розрахункові залежності, математичне моделювання.

**Ievgeniia V. Riblova. The mutual influence of the layers of a multilayer structure to heat exchange.**

*The paper is devoted to the study of the interaction layer of a multilayer wall on heat transfer process. The main research method adopted the method of mathematical modeling. The basic relations allowing to calculate the main parameters of heat exchange were presented.*

**Key words.** Multi-layer design, heat transfer, computational dependencies, mathematical modeling.

**Риблова Евгения Викторовна,** аспирант кафедры технологии и организации строительного производства. Луганский Национальный Аграрный Университет

УДК 330.313

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ

Салуквадзе И.Н.

## ECONOMIC EVALUATION OF TECHNOLOGIES FOR TREATMENT OF NATURAL WATER

Salukvadze I.N.

*Для удаления сложных загрязнений комплексно используют несколько методов. Эффективность метода очистки воды зависит от того, насколько правильно будет определен тип загрязнения. С целью больше узнать о типе и концентрации посторонних веществ в воде проводится химический и бактериологический анализ. Почти всегда в воде сразу присутствуют несколько загрязнений, поэтому используется комплекс различных методов очистки, несколько фильтров, смонтированных последовательно. Экономическая оценка каждого метода очистки воды индивидуальна и зависит от марки производителя и прочих составляющих.*

**Ключевые слова:** валовый национальный продукт (ВНП), валовый внутренний продукт (ВВП), чистая текущая стоимость, потребительская прибыль, амортизационные отчисления.

Для разработки экономической политики, принятия правильных экономических решений важно знать экономическую ценность природных благ услуг. Сейчас большинство этих факторов или вообще не имеет цены, или имеет заниженную цену/оценку, что часто

приводит к принятию природоохранительных, антиэкологических решений. Недоучет экологических параметров приводит к искаженному измерению экономического развития через традиционные показатели валового внутреннего продукта (**ВВП**), валового национального продукта (**ВНП**) за ростом которых может скрываться деградация окружающей среды. Среди имеющихся подходов к определению экономической ценности природных ресурсов и природных благ можно выделить: рыночную оценку, ренту, затратный подход, альтернативную стоимость, общую экономическую ценность (**стоимость**). Наиболее комплексным является подход на основе общей экономической ценности, которая наряду со стоимостью использования (**прямая, косвенная и возможная стоимости**) учитывает стоимость существования, базирующуюся на экономической оценке сложных этических и эстетических аспектов природы.

Для оценки экономической эффективности проекта или программы, определения степени их приемлемости в экономике имеется механизм сопоставления затрат и выгод в денежном выражении. Введение фактора дисконтирования позволяет сравнивать текущие суммы с будущими суммами. Для определения эффективности проекта/программы используются три критерия: чистой текущей стоимости, внутренней нормы окупаемости и соотношение выгоды/затраты. Использование этих критериев предполагает расчет экономической оценки экологического воздействия проекта/программы. Здесь можно применить два подхода: использование рыночных цен для оценки воздействия на товары и услуги (изменение продуктивности, ухудшение качества жизни, альтернативная стоимость и др.), и оценку, основанную на использовании величины непосредственных затрат, расходов.

Для комплексных государственных проектов/программ затраты и выгоды распределены во времени. Например, долгосрочная программа строительства мощных водоочистных сооружений на первом этапе требует расходов на планирование и проектирование, на втором этапе расходы связаны со строительством и установкой оборудования, на третьем этапе появляются выгоды от ввода сооружений в эксплуатацию, но при расходах на их обслуживание.

Оценки, применяемые при взаимоотношении общества и предприятий, использующих природные ресурсы или загрязняющих окружающую среду, делятся на три группы. Первая группа - оценки общественной полезности природных ресурсов; вторая группа (цены, налоги) - стоимостные нормативно определяемые оценки; третья группа (лицензии) - рыночные цены. Эти три вида оценок могут быть определены по каждому из элементов окружающей среды, и их значение не обязательно будет одинаковым.

Стоимостная оценка полезности природного ресурса базируется на его представлении в качестве элемента национального богатства, вовлекаемого в производственный процесс. Ее количественное определение базируется на двух показателях: затраты на подготовку и использование; прибыль потребителя от использования ресурса. Первый показатель  $\Pi_1$  предполагает, что чем ближе к поверхности земли сырье, тем

меньше затраты на его извлечение и тем меньше его оценка. Второй показатель  $\Pi_2$  ориентирован на потребительскую ценность ресурса и, следовательно, позволяет учесть качество ресурса, мировые цены, направления использования, дефицитность. Реальная стоимостная оценка ресурса  $\Pi$  оказывается в интервале  $\Pi_1 < \Pi < \Pi_2$ . На практике выбор значения  $\Pi$  требует преодоления существенных методических трудностей. Например, для технологического или производственного процесса, где природный ресурс - элемент из большого комплекса материалов и энергии, определение прибыли на единицу одного из многих ресурсов будет носить отпечаток субъективизма. Стоимостная оценка затрат, связанных с использованием ресурса, методически усложняется при обострении его дефицитности, когда каждая единица использования ресурса в одном производстве связана с ее отвлечением в другом, где затраты из-за этого повышаются.

Оценка воды зависит от ее дефицитности. При изобилии воды она бесплатная, так как забираемая вода компенсируется естественным пополнением. В условиях недостатка воды ее оценка базируется на принципах рентных платежей. Чем больше доход хозяйства от получаемой воды, тем больше дифференциальная рента и тем выше оценка воды. Очевидно, что должны учитываться затраты на доставку, подготовку и очистку воды, направления ее использования. При экономической оценке вариантов технологий очистки природной воды используются такие показатели: капитальные вложения, сметная стоимость строительства, эксплуатационные расходы, экономичность и эффективность очистки.

Экономическая оценка применения двух вариантов улучшения качества воды (на примере удаления из природной воды железа) произведена в соответствии с положениями по расчету сравнительной экономической эффективности, разработанными на основании методик, рекомендаций и инструкций [1].

На основании анализа технологических схем очистки воды от железа технико-экономическое сравнение произведено для таких двух вариантов:

- схема для удаления железа из подземной воды с помощью реагентов (существующий вариант);

- схема для удаления железа из подземной воды фильтрованием через зернистую загрузку (рекомендуемый вариант).

Стоимость сооружений по каждой предложенной схеме очистки определена согласно укрупненным сметным нормам на строительство сооружений водоснабжения и водоотведения. Капитальные вложения состоят из таких составляющих:

$$K = ПЗ + НР + ПН, \quad (1)$$

где ПЗ - прямые затраты;

НР - накладные расходы;

ПН - плановые накопления.

Прямые затраты определяются по формуле:

$$ПЗ = \frac{C_{св.}}{1,1124}, \quad (2)$$

где  $C_{св.}$  - стоимость сооружений по вариантам. Накладные расходы определяются по формуле:

$$НР = N_{нр} \cdot ПЗ, \quad (3)$$

где  $N_{нр}$  - норма накладных расходов, принимается для общестроительных и монтажных работ  $N_{нр} = 0,18$ .

Плановые накопления определяются по формуле:

$$ПН = 0,08 \cdot (ПЗ + НР). \quad (4)$$

По первому и второму вариантам капитальные вложения соответственно равны  $K_1 = 54840,88$  тыс. руб. и  $K_2 = 37320,08$  тыс. руб.

Сметная стоимость строительства определяется в соответствии с «Инструкцией о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений» - СН 202-81 [2]. Объектные сметы составлены по ЕРЕР и укрупненным показателям, равны для первого и второго вариантов соответственно 47869,6 и 32576 руб.

Эксплуатационные расходы - это затраты, связанные с выпуском и реализацией услуг водоснабжения в течение одного года. Годовые эксплуатационные расходы (тыс. руб.) слагаются из таких видов затрат:

$$C = C_{зп} + C_{ам} + C_{эл} + C_{реаг} + C_{о.э.},$$

где  $C_{зп}$  - заработная плата обслуживающего персонала;

$C_{ам}$  - амортизационные отчисления;

$C_{эл}$  - стоимость электроэнергии;

$C_{реаг}$  - стоимость реагентов;

$C_{о.э.}$  - общеэксплуатационные расходы.

В статье затрат на заработную плату обслуживающего персонала определяются расходы на основную и дополнительную заработные платы производственных рабочих. Численность рабочих определяется на основе баланса рабочего времени, исходя из конкретных условий производства. В общий фонд заработной платы включаются основная и дополнительная заработные платы, а также различные доплаты. Основная и дополнительная заработные платы рассчитываются по тарифным ставкам. Общий фонд заработной платы по первому и второму вариантам по расчету составил  $C_{зп} = 3885,97$  тыс. руб.,  $C_{зп} = 2396,06$  тыс. руб..

Амортизационные отчисления рассчитываются согласно нормам амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства:

$$C_{ам} = H \cdot K, \quad (6)$$

где  $H$  - норма амортизационных отчислений;  $K$  - капитальные затраты, тыс. руб.

Предельная норма амортизации для зданий и сооружений - 8 %. Амортизационные отчисления по основным фондам для 1 варианта  $C_{ам}^1 = 3829,57$  тыс. руб.; для 2 варианта  $C_{ам}^2 = 2606,08$  тыс. руб.

Годовые затраты на электроэнергию (руб./год) определяются по формуле:

$$C_{эл} = Ц_1 \cdot \sum_{i=1}^n N_{pi} + Ц_2 \cdot \sum_{i=1}^n N_{yi} \cdot \frac{1}{\cos \varphi},$$

где  $Ц_1$  - тариф за 1 кВт-час электроэнергии, учтенной электросчетчиком, руб.;

$N_{pi}$  - используемая рабочая мощность  $i$ -го электродвигателя, кВт-час/год;

$Ц_2$  - годовая ставка за 1 кВт установленной мощности, руб.;

$N_{yi}$  - установленная мощность  $i$ -го электродвигателя, кВт;

$\cos \varphi$  - коэффициент мощности, принимаемый равным 0,85.

Годовые затраты на электроэнергию равны по расчету 11437,87 руб/год.

Затраты на реагенты для обработки воды определяются только для существующего варианта, так как в рекомендуемом варианте реагенты не используются. В технологической схеме существующего варианта (1 вариант) используются активированная кремнекислота и серная кислота.

Количество необходимого реагента рассчитывается по формуле:

$$C_{эл} = Ц_1 \cdot \sum_{i=1}^n N_{Fi} + Ц_2 \cdot \sum_{i=1}^n N_{Vi} \cdot \frac{1}{\cos \varphi},$$

Затраты на фильтрующий материал для первого и второго вариантов равны по расчету соответственно  $C_{мат}^1 = 128\ 862,56$  руб.,  $C_{мат}^2 = 2\ 239\ 245$  руб.

Годовые эксплуатационные расходы для 1 и 2 вариантов соответственно равны  $\mathcal{E}_1 = 102\ 382$  тыс. руби  $\mathcal{E}_2 = 7814,87$  тыс. руб.

Расчет ежегодных приведенных затрат по варианту проектного решения определяют по формуле:

$$\Pi_i = C_i + E_n \cdot K_i, \quad (9)$$

где  $C_i$  - годовые эксплуатационные затраты;

$E_n$  - нормативный коэффициент эффективности, равный 0,12;

$K_i$  - капитальные вложения по варианту сравнения проектного решения. Ежегодные приведенные затраты для первого варианта равны  $\Pi_1 = 108126,39$  тыс. руб., для второго варианта  $\Pi_2 = 11723,99$  тыс. руб.

Расчет годового экономического эффекта от внедрения предлагаемых методов обработки воды произведен по приведенным затратам в соответствии с формулой:

$$\mathcal{E} = E_n (K - K_2) + (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2), \quad (10)$$

где  $K_1$  и  $K_2$  - капитальные вложения на строительство очистных сооружений соответственно по существующему и рекомендуемому вариантам;

$E_n$  - нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений в строительство,  $E_n = 0,12$ ;

$\mathcal{E}_1$  и  $\mathcal{E}_2$  - эксплуатационные расходы по очистке воды при использовании соответственно существующего и рекомендуемого методов.

Годовой экономический эффект от внедрения рекомендуемой технологической

схемы составил:  $\mathcal{E} = 0,12 \cdot (47869,6 - 32576) + (102382 - 7814,87) = 96402,36$  тыс. руб.

#### Л и т е р а т у р а

1. Будыкина Т.А. Технология подготовки питьевой воды [Текст] : учебное пособие / Т. А. Будыкина, П. П. Кукин, В. М. Попов. - Курск : КГТУ, 2006. - 204 с.

2. Драгинский В. Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод [Текст] / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В. Гетманцев. - М. : [б. и.], 2005. - 576 с.

3. Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации, на строительство предприятий, зданий и сооружений. - СН 202-81.

4. Информационно-тематический сборник "Очистка сточных вод от взвешенных веществ и неорганических примесей" [Электронный ресурс] : № 19: в 2т. Т.1 : Оборудование для механической очистки сточных вод от взвешенных веществ. - [М.] : Глобус, 2006.

#### Салуквадзе И.Н. Економічна оцінка технологій очищення природної води

*Для видалення складних забруднень комплексно використовують кілька методів. Ефективність методу очищення води залежить від того, наскільки правильно буде визначено тип забруднення. З метою більше дізнатися про тип і концентрації сторонніх речовин у воді проводиться хімічний і бактеріологічний аналіз. У більшості випадків у воді відразу присутні кілька забруднень, тому використовується комплекс різних методів очищення, кілька фільтрів, змонтованих послідовно. Економічна оцінка кожного методу очищення води індивідуальна і залежить від марки виробника та інших складових.*

**Ключові слова:** валовий національний продукт (ВНП), валовий внутрішній продукт (ВВП), чиста поточна вартість, споживчий прибуток, амортизаційні відрахування.

#### Salukvadze I.N. Economic evaluation of technologies for treatment of natural water

*To remove difficult contaminants complex using several methods. The efficiency of water purification method will depend on whether the type of contamination to be identified correctly. Since the chemical and bacteriological analysis conducted order to learn more about the type and concentration of the foreign substances in the water. Almost always in the water just a few contaminants are present, so use a set of different cleaning methods, a number of filters mounted in series. Economic evaluation of each water purification method is individual and depends on the brand of the manufacturer and other components.*

**Keywords:** *gross national product (GNP), gross domestic product (GDP), net present value, consumer income, depreciation.*

**Салуквадзе Ирина Николаевна**, кандидат экономического наук, доцен. Доцент кафедры «общеобразовательных дисциплин»

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства.

УДК 628.16:546.212

## ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ АЛЮМИНИЯ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Степаненко Т.И.

### RESIDUAL INFLUENCE OF ALUMINUM IN DRINKING WATER FOR SAFETY OF LEAVING POPULATION

Stepanenko Tatiana

*Данная статья посвящена проблеме влияния употребляемой питьевой воды, содержащей соединения алюминия, на здоровье человека. Рассмотрены факторы, влияющие на распространение деменции среди населения. Установлена зависимость растворимости соединений алюминия от величины рН и температуры обрабатываемой воды.*

**Ключевые слова:** *питьевая вода, алюминий, здоровье населения, деменция, рН.*

Обеспечение населения качественной питьевой водой является одним из важнейших факторов охраны здоровья. Для техногенных регионов характерно наличие в питьевой воде десятков видов загрязнителей. Основным методом удаления из воды грубодисперсных примесей и коллоидных органических загрязнений, находящихся в воде в растворенном виде, является процесс коагуляции за счет введения в воду коагулянтов. В настоящее время в технологии подготовки питьевой воды применяются коагулянты на основе алюминия (сульфат алюминия, гидроксохлорид алюминия, композитный коагулянт на основе сернокислого алюминия и др.), а также соединения железа. В ходе коагуляции воды соединениями алюминия содержание этого металла в питьевой воде, особенно в период

паводка и цветения водоёмов, может увеличиваться в несколько раз.

Наличие алюминия в потребляемой питьевой воде в микроколичествах необходимо для нормальной жизнедеятельности живых организмов. Алюминий выполняет в живом организме важную биологическую роль: принимает участие в построении эпителиальной и соединительной тканей, участвует в процессе регенерации костной ткани, оказывает активирующее или ингибирующее действие на реакционную способность пищеварительных ферментов, участвует в обмене фосфора [4].

Употребление воды с повышенным содержанием алюминия приводит к снижению задержки кальция в организме, уменьшению адсорбции фосфора, одновременно в 10-20 раз увеличивается содержание алюминия в костях, печени, мозге и в параситовидной железе [1, 4]. Избыток солей алюминия обнаруживается у пожилых людей, страдающих потерей памяти, рассеянностью или слабоумием, и может приводить к деградации личности. В некоторых исследованиях алюминий связывают с поражениями мозга, характерными для болезни Альцгеймера.

В западных странах были проведены подробные исследования по распространению деменции. Учитывая отсутствие

статистических данных по распространению этого заболевания в России и Украине, авторами были обработаны статистические данные распространения деменции в Австрии [5]. Возраст является важнейшим фактором риска развития деменции. Распространенность деменции резко возрастает в пожилом возрасте. Если в возрасте до 65 лет распространенность деменции составляет около одного процента, то

с возрастом резко увеличивается и достигает почти 35% в возрастной группе людей пожилого возраста.

Основываясь на международных эпидемиологических исследованиях, а также данных австрийского статистического бюро, прогнозируемый прирост деменции в Австрии представлен на рис. 1.

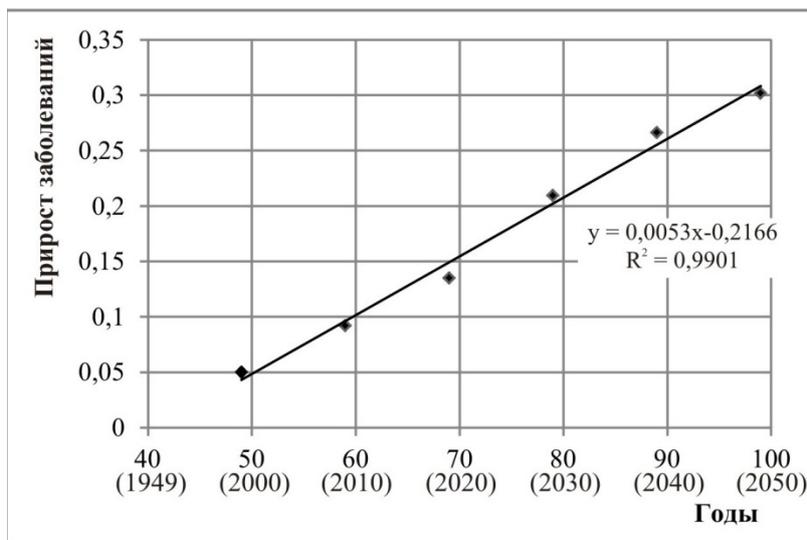


Рис. 1. Прогнозируемый прирост деменции на 1000 чел. населения в Австрии

Содержание алюминия в водных растворах в общем виде зависит от pH раствора, константы диссоциации кислоты, полученной при гидролизе солей, и произведения растворимости осадка [2, 3]. Растворимость алюминия в воде при значениях pH, близких к оптимальной величине (pH = 7),

как для более низких, так и более высоких значений pH имеет разные причины и описывается разными уравнениями. На рис. 2 показана зависимость логарифма соотношения текущей концентрации алюминия к её минимальному значению от величины pH.

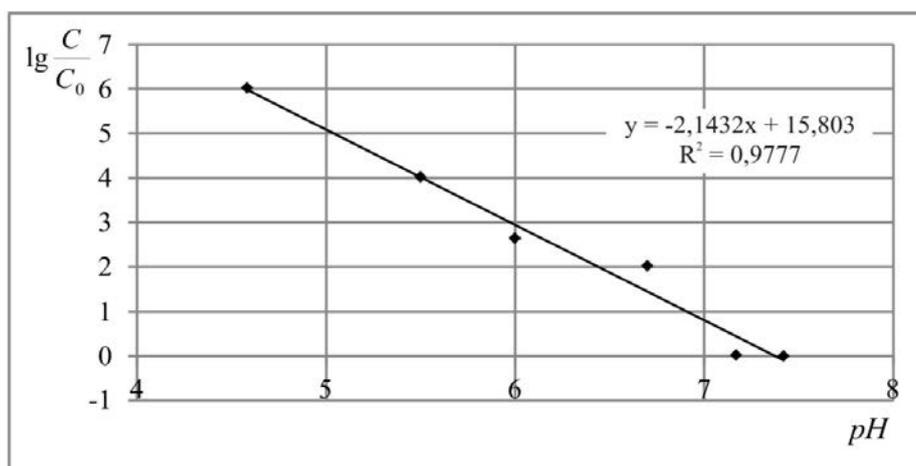


Рис. 2. График зависимости логарифма соотношения текущей концентрации алюминия к его минимальному значению при значениях pH < 7,5.

Увеличение рН приводит к тому, что основное количество соединений алюминия находятся в растворе в виде гидратированных катионов. В этом случае растворимость соединений алюминия в растворе представлена в виде  $Al_2O_3 = f(pH)$ .

На рис. 3 представлены графики зависимости растворимости  $Al_2O_3$  в воде от величины рН при температурах 10 °С, 20 °С, 25 °С и 30 °С.

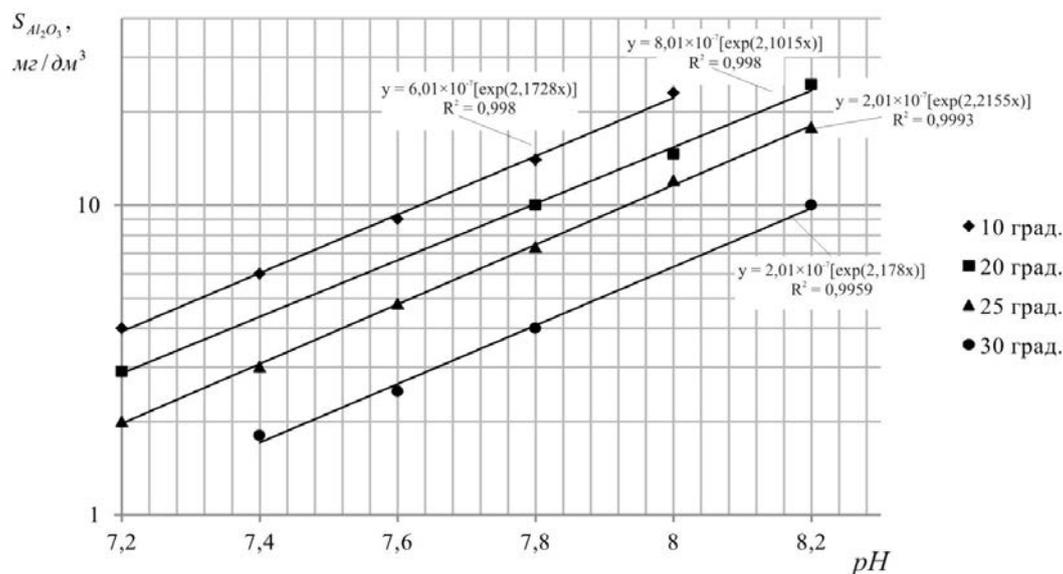


Рис. 3. Зависимость растворимости  $Al_2O_3$  от рН при различных температурах

Приведенные на рис. 3 данные показывают, что растворимость соединений алюминия существенно увеличивается при понижении температуры обрабатываемой воды и увеличении значений рН<sub>0</sub>. Повышению содержания алюминия в холодные периоды года способствует также снижение уровня рН обрабатываемой воды в результате увеличения содержания углекислого газа в исходной воде. В периоды повышенного содержания взвешенных веществ в обрабатываемой воде происходит также снижение уровня рН в межциеллярном пространстве взвешенного осадка в осветлителях или отстойниках вследствие так называемого эффекта Паллмана. Это также дополнительно сказывается на качестве обрабатываемой воды.

#### Выводы

1. Основываясь на проведенных исследованиях, установлено, что деменция провоцируется увеличением содержания алюминия в питьевой воде. Установлена аналитическая зависимость влияния возраста на возникновение деменции.

2. Повышенное содержание алюминия в очищенной воде водопроводных станций наблюдается в периоды паводков на источниках водоснабжения в результате

снижения рН обрабатываемой воды (при отсутствии корректировки рН путем дозирования щелочи), за счет снижения температуры исходной воды, а также за счет эффекта Паллмана.

#### Л и т е р а т у р а

1. Аверин, Г. В. Опасность и риск как характеристики особых состояний экологических и техногенных систем [Текст] / Г. В. Аверин, А. В. Звягинцева // Экологічна безпека. – 2008. – № 2. – С. 22-30.
2. Запольский, А. К., Баран А. А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды [Текст] / А. К. Запольский, А. А. Баран. – Л.: Химия, 1987. – С. 48–79.
3. Проскуряков, В. А. Очистка сточных вод в химической промышленности [Текст] / В. А. Проскуряков, Л. И. Шмидт – Л.: «Химия», 1977. – 464 с.
4. Vrijheid, M. Hazard potential ranking of hazardous waste sites and risk of congenital anomalies [Текст] / M. Vrijheid, H. Dolk, B. Armstrong // Occupational Environmental Medicine. – 2002. – № 59(II). – P. 768-776.
5. Sabine, Greßler. Aluminium – Toxikologie und gesundheitliche Aspekte körpernaher Anwendungen / Sabine Greßler, René Fries. Bundesministerium für Gesundheit, Sektion II, Wien. 2014. – 156 s.

**Степаненко Т.І. ВПЛИВ ЗАЛИШКОВОГО ВМІСТУ АЛЮМІНІЮ В ПИТНІЙ ВОДИ НА БЕЗПЕКУ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ НАСЕЛЕННЯ**

Дана стаття присвячена проблемі впливу питної води, яка містить сполуки алюмінію, на здоров'я людини. Розглянуто чинники, що впливають на поширення деменції серед населення. Встановлено залежність розчинності сполук алюмінію від величини рН і температури оброблюваної води.

**Ключові слова:** питна вода, алюміній, здоров'я населення, деменція, рН.

**Stepanenko Tatiana. RESIDUAL INFLUENCE OF ALUMINUM IN DRINKING WATER FOR SAFETY OF LEAVING POPULATION**

*This article devoted to the problem influence of consumed drinking water containing aluminum compounds, on human health. The factors affecting the spread of dementia among the population are considered. The dependence of the solubility of aluminum compounds of the pH value and temperature of water to be treated are established.*

**Key words:** drinking water, aluminum, population health, dementia, pH.

Степаненко Татьяна Ивановна, ассистент кафедры «Охрана труда, БЖД и гражданская защита» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

УДК 622.012.2

**ШАХТНЫЕ ВОДЫ И МЕТОДЫ ИХ ОЧИСТКИ**

**Ткаченко В.С., Высоцкий С.П.**

**THE MINE WATER AND THE METHODS OF PURIFICATION**

**Tkachenko V.S., Vysotsky S.P.**

*В данной статье представлены основные методы очистки шахтных вод. Так же были представлены последствия, влекущие за собой негативное влияние на окружающую среду.*

**Ключевые слова:** Очистка шахтных вод, электрохимическая очистка, отстаивание, обработка коагулянтами.

В процессе своей производственной деятельности человек неизбежно оказывает влияние на окружающую среду, которая в свою очередь рано или поздно реагирует на это влияние. На наш взгляд, свою значимость имеет охрана окружающей среды, особенно в Центральном регионе Донбасса, где, как известно, и так довольно сложная экологическая ситуация. В регионе располагаются более двух десятков угольных шахт, около тридцати предприятий химической промышленности, машиностроительные заводы, металлургические заводы. Одним из видов негативного воздействия, приносимых предприятиями Донбасса, является сброс шахтных вод в гидрографическую сеть.

Одним из неблагоприятных факторов влияния горных предприятий на окружающую

среду является то, что они используют воду в своих целях не только для нужд производства, но и попутно выдают на поверхность огромные объёмы шахтной воды. После некоторых наблюдений было установлено, что шахтами Центрального района Донбасса ежегодно выдаётся на поверхность более 59000 тыс. м<sup>3</sup> воды. В свою очередь, из общего количества всей воды на производственные нужды используется только 6000 тыс. м<sup>3</sup>.

На практике существует множество методов очистки шахтных вод. Есть механическая (отстаивание, фильтрация), физико-химическая, химическая (обработка коагулянтами), электрохимическая и различные их комбинации. Все зависит от специфических требований потребителей к качеству получаемой воды.

В некоторых горнодобывающих регионах, в том числе и нашем, сложилась парадоксальная ситуация: регион страдает от дефицита питьевой воды, в то время как из подземных выработок в огромном количестве откачиваются шахтные воды, сброс которых оказывает негативное влияние на окружающую среду. Использование шахтной воды,

безусловно, помогло бы решить сразу две проблемы:

- снизить ее губительное воздействие на природу;

- преодолеть дефицит водных ресурсов в небогатых водными ресурсами регионах.

Как показывают результаты проведенных исследований, минерализация шахтных вод по отдельным шахтам и городам превышает допустимые нормы для питьевого водоснабжения. В большинстве случаев шахтная вода очень жесткая и без умягчения или опреснения не может широко быть использована для водоснабжения угольных предприятий.

Также зачастую шахтные воды являются высокоминерализованными растворами и нуждаются не только в отстаивании (только самые крупные частицы успевают осесть за короткий промежуток времени) и осветлении, но и деминерализации.

Зачастую откачиваемая из шахт вода поступает в шахтные поверхностные водосборники либо в пруды-осветлители, расположенные в природных балках. В таких прудах-осветлителях очистка производится только на 60-80% и только от взвешенных частиц. После такой очистки содержание взвешенных частиц составляет 20-50 мг/л.

В Японии, США и России наиболее перспективным сейчас является метод обратного осмоса, для успешной работы которого возникает необходимость использования химических реагентов. Частая регенерация мембран и их короткий эксплуатационный период влечет удорожание процесса. Еще одним немаловажным фактором является наличие ретентата (не прошедший через мембрану остаток), который для разных установок составляет от 25 до 40%. Этот остаток содержит все те химические реагенты, что добавлялись на стадии предварительной подготовки воды. В настоящее время экологическое состояние региона катастрофически ухудшается, требования к стокам становятся жестче, штрафы выше. Возникла задача очищать либо концентрировать этот остаток с помощью электромембранных аппаратов. Целесообразно использовать в процессе очистки шахтных вод такой безреагентный метод, как электродиализ. Учитывая длительный срок службы мембран, использование данного метода становится

экономически привлекательным в долгосрочной перспективе.

Принцип работы электромембранного оборудования заключается в направленном переносе диссоциированных ионов растворенных в воде неорганических солей под влиянием постоянного электрического поля через селективно проницаемые ионообменные мембраны. В результате в одних камерах происходит обеднение ионами раствора - вода опресняется, в других камерах, наоборот, концентрация ионов возрастает. На выходе из аппарата за счет особой конструкции межмембранных прокладок формируются 2 потока - опресненный поток (диализат) и рассольный (концентрат).

С помощью технологии электродиализа возможно обессоливание и концентрирование вод с солесодержанием до 12 000 мг/л, при этом достигается степень извлечения чистой воды от 70 до 90%, т.е. исходный раствор может быть сконцентрирован почти в 20 раз.

Тем самым можно сделать вывод, что разработка и реализация комплексных планов по охране окружающей среды и повышение эффективности использования природных ресурсов для каждого предприятия должны стать важнейшей задачей, определяющей необходимый вариант хозяйственной деятельности в данных условиях.

#### Л и т е р а т у р а

1. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов/Сборник докладов I Международной научной конференции аспирантов и студентов. Т.1- Донецк: ДонНТУ, ДонНУ, 2002. – 173с.
2. Очистка шахтных вод на предприятиях угольной промышленности: сб. статей под ред. Б. Б. Немковского. Пермь : Книжное издательство, 1973. – 312 с.
3. <http://novasvit.com.ua/ochistka-shaxtnyx-vod.html>.

#### **Ткаченко В.С., Висоцький С.П. Шахтні води та методи їх очищення**

*У статті наведено основні методи очищення шахтних вод. Також були представлені наслідки, що тягнуть за собою негативний вплив на навколишнє середовище.*

**Ключові слова:** Очищення шахтних вод, електрохімічна очищення, відстоювання, обробка коагулянтами.

**Tkachenko V.S., Vysotsky S.P. The mine water and the methods of purification**

*This article presents the main methods of treatment of mine waters. Also presented were the consequences, entailing a negative impact on the environment.*

*Mine water treatment, electrochemical treatment, advocacy, treatment coagulants.*

**Высоцкий Сергей Павлович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

«Экология и БЖД». Автомобильно-дорожного института ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». г. Горловка.

**Ткаченко Владислав Сергеевич**, Бакалавр, Студент группы ЭООС-12 Автомобильно-дорожного института. ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». г. Горловка.

УДК 33.338.49

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АВК- 5 В КУРСОВОЙ РАБОТЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

**Чабаненко И. В.**

### SOFTWARE COMPLEX AVK- 5 COURSEWORK AND ECONOMIC PART GRADUATION PROJECTS

**Chabanenko I.V.**

*В работе рассматривается организация самостоятельной работы студентов с использованием программного комплекса АВК- 5 в курсовой работе и экономической части дипломного проекта. Самостоятельная работа студентов выполняется под руководством преподавателя.*

**Ключевые слова:** Национальный Стандарт Украины, правила определения стоимости строительства, программный комплекс АВК- 5

Приказом Министерства регионального развития строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины от 05.07.2013 № 293 принято и введено в действие Национальный Стандарт Украины «Правила определения стоимости строительства» ДСТУ-Б Д.1.1-1:2013, который действует и на территории Луганской Народной Республики. Согласно стандарту разработана новая версия программного комплекса АВК- 5. ПК АВК-5 является дальнейшей разработкой программных комплексов АВК- 1, АВК-2, АВК-3, которые создавались начиная с 1994 года. ПК АВК-5 предназначен для автоматического

выпуска ресурсной стоимостной документации, используемой в строительстве:

- в инвесторских сметах (подсистема Сметные документы);
- в договорных ценах контрактов (подсистема Договорная цена);
- в производстве строительных работ (подсистема Подрядчик).

В современном образовании вузы должны готовить специалиста нестандартного творческого мышления. В современных условиях расширяется применение интерактивных форм обучения студента под руководством преподавателя. Необходимость использования компьютерных технологий в процессе обучения выделили их в отдельную группу современных методов обучения. На современном этапе формы и методы самостоятельной работы тесно связаны с использованием компьютерных технологий. Одним из актуальных методов обучения является использование ПК АВК-5 в курсовой работе и экономической части дипломного проекта. Составление инвесторской сметной документации в программе АВК-5 повышает

эффективность усвоения студентами учебного материала, способствует развитию умственных способностей, вызывает заинтересованность и активность в овладении знаниями.

Студенты направления подготовки «Строительство» курсовые работы рассчитывают по дисциплине «Экономика строительства». Курсовые работы выполняются по индивидуальному проекту на основании курсовых проектов дисциплины «Строительные конструкции», «Технология и организация строительного производства». Перед студентами стоит задача подтвердить экономическую целесообразность строительства объекта с помощью создания инвесторской сметной документации. Составляется локальная смета на строительно-монтажные работы (Постановление об определении прямых затрат в стоимости строительства ДСТУ-Н Б Д.1.1-2:2013). Исполнитель формирует локальную смету по строкам – выставляет строки заголовка частей, разделов и позиций локальной сметы. Нормы выбираются из стандартной НСИ (нормативно-справочная информация). В современном программном комплексе разделяются ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы:

- (Е) Строительные работы ДБН Д. 2.-2-99;
- (ЕД) Строительные работы ДСТУ Б.Д. 2.-2-2008;
- (ЕН) Строительные работы ДСТУ Б.Д. 2.-2-2012.

В состав нормативно-справочной информации программного комплекса (подсистема НСИ) в соответствии с ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 входят государственные и ведомственные ресурсные элементные сметные нормы.

НСИ программного комплекса расширена за счет следующих составляющих:

- справочник материалов, изделий и конструкций;
- справочники оборудования (прейскуранты);
- машины для перевозки строительных грузов (дополнено самосвалами и бортовыми машинами);
- стандартные фрагменты на изделия, конструкции, типовые узлы и детали;
- каталог штучных изделий, конструкций, типовых узлов и деталей;
- библиотечные поправки к ресурсным элементным сметным нормам (библиотечные

поправки автоматизируют учет требований технических частей всех сборников норм);

- параметры, необходимые для начисления общепроизводственных расходов.

Выбирая наименования работ, необходимо правильно использовать ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы. После завершения просмотра или поиска студент останавливает свой выбор на конкретной норме. Находясь в НСИ, имеем возможность выделить несколько групп необходимых норм и перенести их одновременно в локальную смету.

Пункт "Среднемесячная зарплата и тарифные ставки" позволяет пользователю программного комплекса АВК-5 поддерживать в актуальном состоянии цены на трудовые ресурсы для конкретной стройки. Предусматривается, что в связи с прогнозированием роста благосостояния работающих периодически публикуются официальные данные о текущем обосновании среднего уровня зарплаты в строительстве, который и рекомендуется учитывать для определения стоимости трудовых ресурсов. Эти данные могут быть индивидуальными для отдельных строек.

При создании строек тарифные ставки разных разрядов рабочих принимаются программно в размерах, зависящих от заданной зарплаты рабочих определенного разряда с учетом стандартных соотношений между ставками. Студент имеет возможность вносить необходимые изменения в стандартные соотношения между размерами часовых тарифных ставок рабочих разных разрядов для всех тарифных сеток. Все активные тарифные сетки, задействованные в данной стройке, автоматически выделяются красной строкой. Это помогает видеть, для всех ли работ, описанных в локальной смете, задана среднемесячная заработная плата по соответствующим тарифным сеткам.

После выбора норм НСИ и ввода количества объемов работ в соответствующую графу позиция локальной сметы попадает на экран с результатами расчета.

Сметная стоимость объекта определяется в локальной смете. Студент, под руководством преподавателя, переносит стройку из подсистемы Сметных документов в подсистему Договорная цена.

Цена предложения участника конкурсных торгов (подрядчика) рассчитывается на основании нормативной потребности в трудовых и материально-технических ресурсах, необходимых для выполнения проектных решений по объекту строительства, и текущих цен на них.

Цена предложения подрядчика формируется на основании стоимости подрядных работ, в состав которых включается: прямые, общепроизводственные затраты, средства на возведение и разборку титульных временных зданий и сооружений, средства на выполнение строительных работ в зимний период, средства на выполнение строительных работ в летний период, другие сопутствующие затраты, прибыль, средства на покрытие административных затрат строительных организаций, средства на покрытие рисков, средства на покрытие дополнительных затрат, связанных с инфляционными процессами, средства на уплату налогов, сборов, обязательных платежей.

В цене предложения отдельным разделом учитываются средства на покрытие затрат, связанных с приобретением и доставкой на объект строительства оборудования, обеспечение которым возлагается на подрядчика.

Величина прибыли определяется согласно «Настанови щодо визначення загальновиробничих і адміністративних витрат та прибутку у вартості і будівництва (ДСТУ-Н Б. Д.1.1-3:2013)» и зависит от категории сложности строительства. Рассчитывается на основании нормы, установленной на человеко-час. Таким образом определяются и средства на покрытие затрат строительной организации. Цена предложения победителя конкурсных торгов является договорной ценой на объект строительства, которая формируется генподрядчиком с привлечением субподрядных организаций.

Договорная цена является сметной стоимостью подрядных работ, которая согласована с заказчиком и используется при проведении взаиморасчетов. Договорная цена является неотъемлемой частью контракта.

Для расчета за выполненные работы составляют «Акт приемки выполненных строительных работ» (форма №КБ-2в) и справку о стоимости выполненных строительных работ и затрат (форма №КБ-3).

Технико-экономические показатели рассчитывают для сравнительного технико-экономического анализа и определения решения целесообразности строительства объекта. Полученные показатели реальны, потому что разряд соответствует норме, а технико-экономические показатели – показатели эффективности проекта.

Студент, выполняя дипломный проект, каждое техническое решение обосновывает на основании технико-экономических расчетов, а эффективность разработок подтверждается анализом технико-экономических показателей. Разрабатывая дипломный проект, студент использует знания и умения по всем специальным дисциплинам.

**Вывод.** Изучение программного комплекса АВК – 5 дает возможность качественно и эффективно выполнять курсовую работу по экономике строительства и экономическую часть дипломного проекта, осваивать необходимые инженерные навыки для будущей профессиональной деятельности.

#### Л и т е р а т у р а

1. Национальный Стандарт Украины «Правила определения стоимости строительства» ДСТУ-Б Д.1.1-1:2013.

2. Настанови щодо визначення загальновиробничих і адміністративних витрат та прибутку у вартості і будівництва (ДСТУ-Н Б. Д.1.1-3:2013).

3. Настанови щодо визначення прямих витрат у вартості і будівництва (ДСТУ-Н Б. Д.1.1-3:2013).

**Чабаненко І.В. Програмне комплексу АВК- 5 в курсовій роботі та економічній частині дипломного проекту**

*У роботі розглядається організація самостійної роботи студентів з використанням програмного комплексу АВК- 5 в курсовій роботі і економічній частині дипломного проекту. Самостійна робота студентів виконується під керівництвом викладача.*

**Ключові слова:** Національний Стандарт України, правила визначення вартості будівництва, програмний комплекс АВК- 5

**Chabanenko I.V. Software complex AVK- 5 coursework and economic part graduation projects**

*The establishment of autonomous work of the students with the usage of the program complex APQ-5 (automatic production of quotations) in the projects and diploma projects are viewed at the current article. The autonomous work of the students is performed under the supervision of the tutor.*

**Key words:** *National Standard of Ukraine, the rules of construction cost, software package AVK- 5*

**Чабаненко Ирина Викторовна**, Преподаватель 1 категории экономических дисциплин,

Государственное образовательное учреждение Среднего профессионального образования ЛНР «Луганский строительный колледж».

УДК 621.7

## К ВОПРОСУ О РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИИ И ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Шинкарева Т.А.**

### TO THE PROBLEM OF RESOURCE AND MANAGEMENT

**Shinkareva T.A.**

*В статье проведен анализ экологической обстановки современных технологий литейного производства и целесообразных путей улучшения состояния окружающей среды.*

**Ключевые слова:** *литье, интенсивные опасные и вредные факторы, экология, ресурсосбережение.*

Под ресурсосбережением понимают систему средств, направленных на производство и реализацию конечных продуктов с минимальным расходом сырья и материалов и энергии на всех стадиях технологического процесса. Обеспечение необходимого уровня экологической деятельности производства является одной из задач реализации ресурсосбережения.

Сегодня в нашей молодой республике производственные предприятия работают не в полную силу, но, к сожалению, экологическая обстановка остается неудовлетворительной, так как не эффективны действующие системы очистки и утилизации вредных выбросов, недостаточное финансирование на экологические мероприятия, падение технологической дисциплины и т. д. Улучшение экологической ситуации окружающей среды – это создание и внедрение безопасных производств и технологий, принятие необходимых мер по оздоровлению экологически опасных производств, рациональное использование природных ресурсов, воспитание экологической культуры населения, безопасности захоронения и утилизации токсичных промышленных и бытовых отходов и др.

Проблема состоит в том, что реализация природоохранных мероприятий увеличивает стоимость продукции, поэтому комплексный анализ технологических процессов предприятий, тщательный анализ вредных выделений и экологических мероприятий по их устранению является сегодня актуальным.

С позиции экологии и охраны труда литейное производство является одним из опасных. Отходы литейного производства, выбросы в атмосферу пагубно влияют на экологическое равновесие.

**Целью статьи** является анализ экологической обстановки современных технологий литейного производства и целесообразных путей улучшения состояния окружающей среды, не требующих больших затрат.

Литейное производство, как и предприятия металлургической, химической, горнодобывающей и др. промышленности, является источником загрязнения атмосферы. При традиционном литье на каждую тонну отливок из сплавов черных металлов выделяется около 50 кг пыли, 250 кг окиси углерода, 1,5-2 кг окиси серы и азота и до 1,5 кг других вредных веществ (фенола, формальдегида, ароматических углеводородов, аммиака, цианидов). В водный бассейн поступает до 3 куб.м сточных вод и вывозится в отвалы до 6 т отработанных формовочных смесей. Отработанные формовочные и стержневые смеси относятся к 4-й категории опасности и составляют 90% общих

отходов, т.к. регенерация смесей – дорогая процедура [1, 2].

Для исследования выбраны 24 технологии литья, которые наиболее часто применяются [4]. Произведена комплексная оценка опасных и вредных производственных факторов наиболее распространенных современных литейных технологий в чугуно-литейных и сталелитейных цехах ХК «Лугансктепловоз», Луганского литейно-механического завода и других предприятий региона. Произведен анализ интенсивности следующих производственных опасных и вредных факторов: пыль, газы, аэрозоли, избыточное тепло, шум, вибрация, электромагнитное излучение, физические перегрузки, нервно-психическое напряжение, искры, брызги, повышенное напряжение в

электрических цепях, движущиеся машины и механизмы. Работа выполнялась экспериментально по материалам лабораторных исследований, анализу карт условий труда по результатам аттестации рабочих мест и литературным данным. Интенсивность факторов определялась по превышению предельно - допустимых концентраций и предельно - допустимых уровней (ПДК и ПДУ), где «ХХ» – интенсивный фактор, который превышает ПДК и ПДУ в несколько раз, «Х» – умеренный фактор соответствующий или незначительно превышающий ПДК и ПДУ, «-» – незначительный фактор или его отсутствие. По результатам исследований технологий литья составлены таблицы [4]. Общие сведения по интенсивности факторов приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Интенсивность производственных факторов**

№ п/п	Технологии литья	Интенсивный фактор	Умеренный фактор	Незначительный фактор
1	Песчано-глинистые формы	10	3	1
2	По газифицируемым моделям	7	5	2
3	Вакуум-плечная формовка	7	5	2
4	ХТС	6	3	5
5	ЖСС	5	3	6
6	ГТС	7	4	3
7	Кокильное	5	3	6
8	Оболочковые формы	7	3	4
9	Под регулируемым газовым давлением:			
	а) под низким давлением	5	4	5
	б) Вакуумным всасыванием	4	3	7
	г) С противодавлением	3	4	7
	д) Под всесторонним газовым давлением	3	2	9
10	По выплавляемым моделям	6	3	5
11	Центробежное	6	5	3
12	Наморазиванием	3	4	7
13	Суспензионное	2	9	3
14	В каменные формы	5	4	5
15	Непрерывное	2	4	8
16	В углеродные формы	5	3	6
17	В керамические формы	6	5	3
18	В магнитные формы	5	4	5
19	В гипсовые формы	1	10	3
20	По выплавляемым моделям	5	5	4
21	С кристаллизацией под давлением	4	4	6
22	С рассредоточенной литниковой системой	3	6	5
23	Под давлением	3	4	7
24	Электрошлаковое	5	5	4

Систематизированные сведения по интенсивным вредным и опасным производственным факторам, приведенные в табл. 1 и в работе [4], представляют практическую ценность для разработки экологических проектов и выбора оптимальных технологических решений.

Технические решения, принятые с учетом интенсивных и умеренных факторов, должны быть направлены на локализацию выбросов, снижение их вредного влияния на окружающую природу, утилизацию отходов. Например, для снижения загрязнения воздушной среды эффективным мероприятием является установка систем вытяжной вентиляции (в том числе и местной), оборудованной воздухоочистителями. В работе [3] В.С.Кривицкий рекомендует комплекс природоохранных мероприятий для литейного производства для очистки от пыли (искрогасители, мокрые пылеуловители, щелеочные коллекторы и др.), для дожигания ваграночных газов (рекуператоры, системы очистки газов и др.), для уменьшения выделения вредностей формовочных и стержневых смесей, для обеззараживания отвалов, для очистки сточных вод. Однако все мероприятия связаны со значительными затратами, что подтверждает автор.

**Вывод.** Для разработки природоохранных мероприятий в литейном производстве и улучшения условий труда литейщиков на рабочих местах необходимо провести соответствующий теоретический анализ и комплексный учет всех интенсивных и умеренных производственных факторов для каждой конкретной технологии. Объективная оценка позволит выбрать рациональные мероприятия по снижению интенсивности вредных факторов до допустимых уровней.

#### Л и т е р а т у р а

1. Буданов Е.Н. О новых тенденциях развития литейных технологий в 2007 году / Е.Н. Буданов // Литейное производство. – Международный научно-технический журнал. – М.: 2006. – №12. – С. 19-22.

2. Корниенко А.Э. Экология литейного производства с точки зрения модифицирования чугунов и сталей // Иссл-го центра Модификатор (ИЦМ): [Электронный ресурс]: <http://www.modificator.ru/ecology.html> (дата обращения: 04.04. 2016).

3. Кривицкий В.С. Об экологических проблемах литейного производства / В.С.Кривицкий // Литейное производство.- 1998.- №1.- С. 35.

4. Шинкарева Т.А. Вредные и опасные производственные факторы в современных литейных технологиях / Шинкарева Т.А., Гедрович А.И., Голофаев А.Н. // Вісник СЛУ ім. В. Даля. – Луганськ: вид-во СЛУ ім. В. Даля, 2010. – № 12 (154) ч. 2. – с 209-218.

**Шинкарьова Т.А. До питання про ресурсозбереження та природоохоронну діяльність.**

*У статті проведено аналіз екологічної обстановки сучасних технологій ливарного виробництва і доцільних шляхів поліпшення стану навколишнього середовища.*

**Ключові слова:** *лиття, інтенсивні небезпечні і шкідливі фактори, екологія, ресурсозбереження.*

**Shinkareva T.A. To the problem of resource and management**

*The article analyzes the environmental situation of modern technologies foundry and appropriate ways to improve the environment.*

**Key words:** *casting, intense and dangerous hazards, ecology, resource conservation.*

**Шинкарева Татьяна Анатольевна**, ассистент кафедры «Промышленное и художественное литье». Луганский государственный университет имени Владимира Даля

УДК 621.3.051.20

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ

Салуквадзе И.Н., Демьяненко Т.И.

### EFFICIENCY USING ALTERNATIVE ENERGY

Salukvadze I.N., Demyanenko T.I.

*На пороге XXI века человек все чаще и чаще стал задумываться о том, что станет основой его существования в новой эре. Энергия была и остается главной составляющей жизни человека. Она дает возможность создавать различные материалы, является одним из главных факторов при разработке новых технологий. Попросту говоря, без освоения различных видов энергии человек не способен полноценно существовать. Ното Sapiens прошел путь от первого костра до атомных электростанций, освоил добычу основных традиционных энергетических ресурсов - угля, нефти и газа, научился использовать энергию рек, освоил "мирный атом", но все активнее обсуждаются вопросы использования новых нетрадиционных, альтернативных видов энергии.*

**Ключевые слова:** альтернативный источник, глобальное потепление, гелиоустановки, фотогальванические элементы, традиционные виды топлива.

По оценкам специалистов, мировые ресурсы угля составляют 15, а по неофициальным данным 30 триллионов тонн, нефти - 300 миллиардов тонн, газа - 220 триллионов кубометров. Разведанные запасы угля составляют 1685 миллиардов тонн, нефти - 137 миллиардов тонн, газа - 142 триллионов кубометров. Почему же наблюдается тенденция к освоению альтернативных видов энергии, при таких, казалось бы, внушительных цифрах, при том, что в последние годы в шельфовых зонах морей открыты огромные запасы нефти и газа?

Есть несколько ответов на этот вопрос. Во-первых, непрерывный рост промышленности, как основного потребителя энергетической отрасли. Существует точка зрения, что при нынешней ситуации запасов угля хватит примерно на 270 лет, нефти на 35-40 лет, газа на 50 лет. Во-вторых,

необходимость значительных финансовых затрат на разведку новых месторождений, так как часто эти работы связаны с организацией глубокого бурения (в частности, в морских условиях) и другими сложными и наукоемкими технологиями. И, в третьих, экологические проблемы, связанные с добычей энергетических ресурсов. Склады нефтепродуктов и окружающие их территории подчас напоминают "города мертвых", а кадры кинохроники о плавающих в нефтяной пленке морских птиц и животных тревожат не только Greenpeace.

Не менее важной причиной необходимости освоения альтернативных источников энергии является проблема глобального потепления. Суть ее заключается в том, что двуокись углерода (CO<sub>2</sub>), высвобождаемая при сжигании угля, нефти и бензина в процессе получения тепла, электроэнергии и обеспечения работы транспортных средств, поглощает тепловое излучение поверхности нашей планеты, нагретой Солнцем и создает так называемый парниковый эффект\*.

В настоящее время выдвигаются множество различных идей и предложений по использованию всевозможных возобновляемых видов энергии. Разработка некоторых проектов еще только начинается. Так, существуют предложения по использованию энергии разложения атомных частиц, искусственных смерчей и даже энергии молнии. Проводятся эксперименты по использованию "биоэнергетики", например, энергии парного молока для обогрева коровников.

Но существуют и "традиционные" виды альтернативной энергии. Это энергия Солнца и

ветра, энергия морских волн, приливов и отливов. Есть проекты преобразования в электроэнергию газа, выделяющегося на мусорных свалках, а также из навоза на звероводческих фермах. Основным видом “бесплатной” неиссякаемой энергии по справедливости считается Солнце. В Солнце сосредоточено 99, 886% всей массы солнечной системы. Солнце каждую секунду излучает энергию в тысячи миллиардов раз большую, чем при ядерном взрыве 1 кг U235 .

Солнце - неисчерпаемый источник энергии - каждую секунду дает Земле 80 триллионов киловатт, то есть в несколько тысяч раз больше, чем все электростанции мира. Нужно только уметь пользоваться им. Например, Тибет - самая близкая к Солнцу часть нашей планеты - по праву считает солнечную энергию своим богатством. На сегодня в Тибетском автономном районе Китая построено уже более пятидесяти тысяч гелиопечей. Солнечной энергией отапливаются жилые помещения площадью 150 тысяч квадратных метров, созданы гелиотеплицы общей площадью миллион квадратных метров.

Хотя солнечная энергия и бесплатна, получение электричества из нее не всегда достаточно дешево. Поэтому специалисты непрерывно стремятся усовершенствовать солнечные элементы (см. рис. №1) и сделать их эффективнее. Новый рекорд в этом отношении принадлежит Центру прогрессивных технологий компании “Боинг”. Созданный там солнечный элемент преобразует в электроэнергию 37 процентов попавшего на него солнечного света.

Это достижение стало возможным, с одной стороны, благодаря использованию двухслойной конструкции. Верхний слой - из арсенида галлия. Он поглощает излучение видимой части спектра. Нижний слой - из антимонида галлия и предназначен улавливать инфракрасное излучение, которое обычно теряется. С другой стороны, высокая эффективность достигается благодаря специальному покрытию, преломляющему свет и фокусирующему его на активные области солнечной ячейки.

В Японии ученые работают над совершенствованием фотогоальванических элементов на кремниевой основе. Если толщину солнечного элемента существующего стандарта уменьшить в 100 раз, то такие тонкопленочные элементы потребуют гораздо

меньше сырья, что обеспечит их высокую эффективность и экономичность. Кроме того, их малый вес и исключительная прозрачность позволят легко устанавливать их на фасадах зданий и даже на окнах, для обеспечения электроэнергией жилых домов. Однако поскольку интенсивность солнечного света не всегда и не везде одинакова, то даже при установке множества солнечных батарей, зданию потребуется дополнительный источник электричества. Одним из возможных решений этого вопроса является использование солнечных элементов в комплексе с двухсторонним топливным элементом. В дневное время, когда работают солнечные элементы, избыточную электроэнергию можно пропускать через водородный топливный элемент (см. гл. ВОДОРОД) и таким образом получать водород из воды. Ночью же топливный элемент сможет использовать этот водород для производства электроэнергии.

Компактная передвижная электростанция сконструирована германским инженером Хербертом Бойерманом. При собственном весе 500 кг она имеет мощность 4 кВт, иначе говоря, способна полностью обеспечить электротоком достаточной мощности загородное жилье. Это довольно хитроумный агрегат, где энергию вырабатывают сразу два устройства - ветрогенератор нового типа и комплект солнечных панелей. Первый оснащен тремя полусферами, которые (в отличие от обычного ветрового колеса) вращаются при малейшем движении воздуха, второй - автоматикой, аккуратно ориентирующей соляные элементы на светило. Добытая энергия накапливается в аккумуляторном блоке, а тот стабильно снабжает ток потребителей.

Глядя вперед, в те времена, когда штат Калифорния будет нуждаться в удобных станциях для подзарядки электробатарей, “Южно-калифорнийская компания Эдисон” планирует начать испытание специальной автостанции для машин, работающих на солнечной энергии, которая в конечном счете должна стать обычной заправочной станцией со множеством парковочных мест и различными магазинами. Солнечные панели на крыше станции, расположенной в городе Даймонд-Баре, обеспечат энергию для зарядки электромобилей в течение всего рабочего дня даже зимой. А излишек, получаемый от этих панелей, будет использоваться для нужд самой

автостанции. Уже в 1981г. через пролив Ла-Манш совершил перелёт первый в мире самолёт двигателем, работающим от солнечных батарей. Чтобы совершить перелёт на расстояние 262 км, ему потребовалось 5,5 часа (см. рис. №2). А по прогнозам учёных конца прошлого века, ожидалось, что к 2000 году на дорогах Калифорнии появится около 200000 электромобилей. Возможно, и нам стоит подумать об использовании солнечной энергии в широких масштабах. В частности, в Крыму с его “солнцеобильностью”.

Эти и многие другие современные разработки начинают вырисовывать контуры будущего мира, в котором, несмотря на продолжающийся рост потребления энергии, получаемой преимущественно путем сжигания природного топлива, уровень содержания углекислого газа в атмосфере реально начнет снижаться.

Ускорить этот процесс смогли бы и автомобили марки NECAR4, разрабатываемые в одной из лабораторий под Штутгартом. Этот экспериментальный автомобиль, разрабатываемый совместно компаниями Ford, Daimler-Chrysler и Canada's Ballard Power Systems, работает на водороде, запасов которого в природе более чем достаточно. Водород, в отличие от ископаемых видов топлива, не содержит атомов углерода и поэтому не образует двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>). Однако водород также может загрязнять окружающую среду, так как при его сгорании происходит перегруппировка молекул воздуха, при которой образуется окись азота и озон. Но NECAR4 не сжигает водород. На автомобиле установлен бортовой топливный элемент, разработанный фирмой Ballard, который обеспечивает постепенное соединение водорода с кислородом при умеренной температуре. В результате на выходе получается обыкновенная вода (H<sub>2</sub>O) и электроэнергия.

Топливные элементы были изобретены еще в начале XIX века. В 60-е годы прошлого века НАСА использовало их для получения чистой энергии в космосе. Но только в прошедшем десятилетии удалось создать топливные элементы таких размеров, которые позволили бы устанавливать их в легковых автомобилях. NECAR4 создан на базе малолитражного автомобиля Mercedes-Benz, типа «седан» класса А. Этот автомобиль вмещает пять человек плюс багаж, развивает

скорость до 145 км/час и может пройти без заправки 450 километров. По словам Фердинанда Паника, руководителя проекта компании Daimler Chrysler, «значение топливного элемента соизмеримо разве что со значением микросхемы для развития вычислительной техники”.

Результаты не заставят себя ждать. Первые полевые испытания автомобилей с топливным элементом пройдут уже в этом году в Калифорнии. К 2004 году Daimler Chrysler, Ford, а также General Motors, Toyota и другие компании, предполагают начать поставку автомобилей с топливным элементом на потребительский рынок.

Проблема, связанная с массовым серийным производством компактных топливных элементов для легковых и грузовых автомобилей, еще до конца не решена, однако уже сейчас можно было бы начать производство крупногабаритных элементов, обеспечивающих работу промышленных предприятий и электростанций.

Теоретически, водород можно было бы получать из воды, используя для этого энергию солнца или ветра. Однако, даже при самых оптимистических прогнозах, связанных с совершенствованием таких технологий, затраты на производство электроэнергии, необходимой для разделения молекул воды на молекулы водорода и кислорода в настоящее время чрезвычайно велики. Поэтому первые установки для крупномасштабного производства водорода будут, по всей видимости, вырабатывать его из традиционных видов топлива.

Такую технологию можно было бы, например, успешно применять в Китае, где стремительный рост производства и огромные природные запасы угля угрожают вызвать катастрофическое загрязнение атмосферы углекислым газом в течение следующего столетия.

Основной проблемой, связанной с производством водорода по старым технологиям, является то, что при этом образуется двуокись углерода, которую нельзя выбрасывать в атмосферу. Существует, однако, альтернативный метод – закачивать углекислый газ под землю. В Норвегии, например, энергетическая компания Norsk Hydro строит электростанцию, которая будет работать на водороде, получаемом из природного газа. Образующаяся при этом двуокись углерода

будет закачиваться обратно в одно из месторождений нефти, расположенных на континентальном шельфе. С помощью такой технологии можно не только решить проблему загрязнения воздуха углекислым газом, но и повысить давление в месторождении, что значительно облегчит выкачивание из него оставшихся запасов нефти. Другим не менее эффективным способом борьбы с загрязнением атмосферы является закачивание двуокиси углерода в подземный водоносный слой, которое уже в настоящее время успешно применяется в Европе и США.

На первый взгляд ветер кажется одним из самых доступных и возобновляемых источников энергии. В отличие от Солнца он может “работать” зимой и летом, днем и ночью, на севере и на юге. Но ветер - это очень рассеянный энергоресурс. Природа не создала “месторождения” ветров и не пустила их, подобно рекам, по руслу. Ветровая энергия практически всегда “размазана” по огромным территориям. Основные параметры ветра - скорость и направление - меняются подчас очень быстро и непредсказуемо, что делает его менее “надежным”, чем Солнце. Таким образом, встают две проблемы, которые необходимо решить для полноценного использования энергии ветра. Во-первых, это возможность “ловить” кинетическую энергию ветра с максимальной площади. Во-вторых, еще важнее добиться равномерности, постоянства ветрового потока. Вторая проблема пока решается с трудом. Существуют интересные разработки по созданию принципиально новых механизмов для преобразования энергии ветра в электрическую. Одна из таких установок (патент РФ № 1783144) порождает искусственный сверхураган внутри себя при скорости ветра в 5 м/с!

Ветровые двигатели не загрязняют окружающую среду, но они очень громоздки и шумные. Чтобы производить с их помощью много электроэнергии, необходимы огромные пространства земли. Лучше всего они работают там, где дуют сильные ветры. И тем не менее всего одна электростанция, работающая на ископаемом топливе, может заменить по количеству полученной энергии тысячи ветряных турбин (см. рис. №3;8).

В последнее время в некоторых странах снова обратили внимание на те проекты, которые были отвергнуты ранее как

малоперспективные. Так, в частности, в 1982 г. британское правительство отменило государственное финансирование тех электростанций, которые используют энергию моря: часть таких исследований прекратилась, часть продолжалась при явно недостаточных ассигнованиях от Европейской комиссии и некоторых промышленных фирм и компаний. Причиной отказа в государственной поддержке называлась недостаточная эффективность способов получения “морского” электричества по сравнению с другими его источниками, в частности - атомными.

В мае 1988 г. в этой технической политике произошел переворот. Министерство торговли и промышленности Великобритании прислушалось к мнению своего главного советника по энергетике Т. Торпа, который сообщил, что три из шести имеющихся в стране экспериментальных установок усовершенствованы и ныне стоимость 1 кВт\ч на них составляет менее 6 пенсов, а это ниже минимального уровня конкурентоспособности на открытом рынке. Цена “морской” электроэнергии с 1987 г. снизилась вдесятеро.

Волны. Наиболее совершенен проект “Кивающая утка” (см. рис. №4), предложенный конструктором С. Солтером. Поплавки, покачиваемые волнами, дают энергию стоимостью всего 2,6 пенса за 1 кВт\ч, что лишь незначительно выше стоимости электроэнергии, которая вырабатывается новейшими электростанциями, сжигающими газ (в Британии это - 2,5 пенса), и заметно ниже, чем дают АЭС (около 4,5 пенса за 1 кВт\ч).

Следует заметить, что использование источников альтернативных, возобновляемых видов энергии может достаточно эффективно снизить процент выбросов в атмосферу вредных веществ, то есть в какой-то степени решить одну из важных экологических проблем. Энергия моря может с полным основанием быть причисленной к таким источникам.

Приливы. Первая большая электростанция, работающая на энергии приливов, была построена в 1968г. в устье реки Ранс (Франция). Электростанция работает следующим образом. Когда начинается отлив, заслонки в дамбе закрывают, поддерживая высокий уровень воды за плотиной. При разнице уровней в 3 м. заслонки открывают, и вода устремляется в море, вращая лопатки 24-х

больших турбин, а вместе с ними и роторы электрогенераторов. Когда опять начинается прилив, вода через открытые заслонки проходит за плотину, и цикл повторяется (см. рис. №5).

Примерно 1/5 часть энергии, потребляемой во всём мире, вырабатывают на ГЭС. Её получают, преобразуя энергию падающей воды в энергию вращения турбин, которая в свою очередь вращает генератор, вырабатывающий электричество. Гидростанции бывают очень мощными. Так, станция Итапу на реке Парана на границе между Бразилией и Парагваем развивает мощность до 13 000 млн.Квт.

Энергия малых рек также в ряде случаев может стать источником электроэнергии. Возможно, для использования этого источника необходимы специфические условия (например, речки с сильным течением), но в ряде мест его, где обычное электроснабжение невыгодно, установка мини-ГЭС могла бы решить множество локальных проблем. Бесплотинные ГЭС для речек и речушек уже существуют. Этот двухметровый агрегат есть не что иное, как бесплотинная ГЭС мощностью в 0,5 КВт. В комплекте с аккумулятором она обеспечит энергией крестьянское хозяйство или геологическую экспедицию, отгонное пастбище или небольшую мастерскую... Была бы поблизости речушка!

Роторная установка диаметром 300 мм и весом всего 60 кг выводится на стремнину, притапливается на придонную “лыжу” и тросами закрепляется с двух берегов. Остальное - дело техники: мультипликатор вращает автомобильный генератор постоянного тока напряжением 14 вольт, и энергия аккумулируется.

Опытный образец бесплотинной мини-ГЭС успешно зарекомендовал себя на речках Горного Алтая.

Тепло от горячих горных пород в земной коре тоже может генерировать электричество (см. рис. №6). Через пробуренные в горной породе скважины вниз накачивается холодная вода, а в вверх поднимается образованный из воды пар, который вращает турбину. Такой вид энергии называется геотермальной энергией. Она используется, например, в Новой Зеландии и Исландии.

Одним из наиболее необычных видов использования отходов человеческой деятельности является получение

электроэнергии из мусора. Проблема городских свалок стала одной из наиболее актуальных проблем современных мегаполисов. Но, оказывается, их можно еще использовать для производства электроэнергии. Во всяком случае именно так поступили в США, в штате Пенсильвания. Когда построенная для сжигания мусора и одновременной выработки электроэнергии для 15000 домов печь стала получать недостаточно топлива, было решено восполнить его мусором с уже закрытых свалок. Вырабатываемая из мусора энергия приносит округу около \$ 4000 прибыли еженедельно. Но главное- объем закрытых свалок сократился на 78%.

Разлагаясь на свалках, мусор выделяет газ, 50-55 % которого приходится на метан, а 45-50% - на углекислый газ и около одного процента - на другие соединения. Если раньше выделяемый газ просто отравлял воздух, то теперь в США его начинают использовать в качестве горючего в двигателях внутреннего сгорания с целью выработки электроэнергии. Только в мае 1993 года 114 электростанций, работающих на газе от свалок, произвели 344 мегаджоуля электроэнергии. Самая крупная из них, в городе Уиттиер, производит за год 50 мегаджоулей. Станция мощностью 12 мегаватт способна удовлетворить потребность в электроэнергии жителей 20 тысяч домов. По подсчетам специалистов, газа на свалках США хватит для работы небольших станций на 30-50 лет. Не стоит ли и нам задуматься над проблемой вторичного использования мусора? При наличии эффективной технологии мы могли бы сократить количество мусорных “курганов”, а заодно значительно пополнить и восполнить запасы энергии, благо “дефицита сырья” для ее производства не предвидится.

Казалось бы, что может быть неприятнее навоза? Много проблем связано с загрязнением водоемов отходами звероводческих хозяйств. Большие количества органического вещества, попадающие в водоемы, способствуют их загрязнению.

Известно, что теплоцентрали - активные загрязнители окружающей среды, свинофермы и коровники - тоже. Однако из этих двух зол можно составить нечто хорошее. Именно это произошло в английском городе Пиделхинтоне, где разработана технология переработки навоза свиней в электроэнергию. Отходы идут по трубопроводу на электростанцию, где в специальном реакторе подвергаются

биологической переработке. Образующийся газ используется для получения электроэнергии, а переработанные бактериями отходы - для удобрения. Перерабатывая 70 тонн навоза ежедневно, можно получить 40 кВт/ч.

Кроме замены традиционных источников энергии альтернативными, существуют проекты по созданию экологически чистых и сбалансированных городов и деревень будущего. Основой для их создания будут служить применение экономичных материалов, а также оптимальный режим использования энергии, который смогут поддерживать с помощью компьютерных программ.

Хранителем домашнего очага и незримым существом в доме, по старинным поверьям, служит теплый домовый. Техническую помощь ему в скандинавских странах, в первую очередь в Швеции, оказывает теперь программно управляемая бытовая теплоцентраль "Аквае 47 ОД". Разработанная шведской фирмой "Электро стандарт", эта установка довольствуется скромным местом, скажем, площадью кухни.

Тепловые насосы и узел нагрева воды вмонтированы в нее еще на заводе-изготовителе. Принцип экономного вторичного обогрева таков: из использованного воздуха ванной комнаты, кухни и подсобок тепловая энергия возвращается в систему отопления традиционного типа и утилизируется водогрейным котлом. Дополнительные калории от внешних источников газа или жидкого топлива отбираются на эти цели лишь по мере необходимости. Особые клапаны в наружных стенах, снабженные противопоылевым фильтром и входящие в комплект установки, обеспечивают подвод чистого воздуха и равномерную безвытяжную смену его в доме. Это достижение компьютерной теплотехники предназначено прежде всего для односемейных домов, например, для загородных коттеджей; оно сокращает наполовину обычный расход энергии.

В испанском поселке Сант-Джосеп на острове Ивиса сооружается первая в мире экологическая деревня будущего, где поселятся четыреста человек. В проекте участвуют специалисты из всех стран Европы. Чтобы оптимально использовать солнечный свет, "умные" дома сами станут регулировать внутреннюю температуру. Это позволяет как новая технология, так и сами материалы - каркас из алюминия и поликарбоната с

огромными застекленными поверхностями, где циркулирует прозрачная жидкость. Получится своеобразный щит, впускающий солнечный свет, но удерживающий тепло. Температура зимой и летом будет одинаковая - 20-22 градуса. Избыток энергии поступит в термический теплоаккумулятор. Электроэнергию там станут вырабатывать также ветряные мельницы и солнечные батареи, избыток ее опять же сберегут огромные аккумуляторы. Биоочистная установка превратит органические отходы - мусор и сточные воды, в метан, преобразуемый затем в электричество. Структура здания гарантирует сохранность свыше 85 процентов энергии. На гигантской биоферме будут выращивать скот, рыбу, а так же овощи, фрукты и злаки.

Возможно, такие проекты пока невозможно реализовать в значительных масштабах. До серийного производства "умных" экологически чистых домов еще далеко, но уже сейчас реализация некоторых проектов (постройка мини-ГЭС, солнечных, ветровых, мусорных электростанций) вполне реальна.

**Выводы:** в обозримом будущем природное топливо по-прежнему будет важным источником энергии. Однако природные ресурсы ограничены, и в конце концов человечество будет вынуждено перейти на использование энергии ветра и Солнца, о чем с незапамятных времен мечтают защитники окружающей среды.

Теоретически, каждое предприятие, здание, жилой дом и автомобиль может иметь свой собственный экологически чистый, возобновляемый источник энергии, что позволит человечеству обходиться без нефтяных скважин, угольных шахт, электростанций, линий электропередачи и избавиться, таким образом, от всех негативных последствий их использования. Однако на данный момент перед человечеством стоит более неотложная задача: остановить перегревание планеты и сделать это как можно быстрее. Благодаря автомобилям с топливными элементами, более совершенным ветровым турбинам и солнечным элементам, и другим описанным в данном реферате проектам, внедрение которых уже становится реальностью, угроза глобального потепления кажется теперь не столь устрашающей, какой она представлялась еще несколько лет назад.

### Л и т е р а т у р а

1. Агеев В. А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (курс лекций)
2. Голицын М. В. Альтернативные энергоносители. – М.:Наука,2004.-159 с.
3. Обрезков В. И. Гидроэнергетика. – М.:Энергоиздат,1981.-608 с.
4. Олійник Я.Б., Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. Основи екології.: Навч. посібник «Знання». -К. 2012-558 с.
5. Коробков В. А. Преобразование энергии океана. – Л.:Судостроение,1986.

#### **Салуквадзе І.М., Дем'яненко Т.І. Ефективність використання альтернативних видів енергії**

*На порозі XXI століття людина все частіше і частіше стала замислюватися про те, що стане основою його існування в новій ері. Енергія була і залишається головною складовою життя людини. Вона дає можливість створювати різні матеріали, є одним з головних факторів при розробці нових технологій. Просто кажучи, без освоєння різних видів енергії людина не здатна повноцінно існувати. Homo Sapiens пройшов шлях від першого багаття до атомних електростанцій, освоїв видобуток основних традиційних енергетичних ресурсів - вугілля, нафти і газу, навчилася використовувати енергію річок, освоїв "мирний атом", але все активніше обговорюються питання використання нових нетрадиційних, альтернативних видів енергії.*

***Ключові слова:** альтернативне джерело, глобальне потепління, геліоустановки, фотогальванічні елементи, традиційні види палива.*

#### **Salukvadze I.N. Demyanenko T.I. Efficiency using alternative energy**

*On the threshold of the twenty-first century people increasingly began to think about what will be the basis of its existence in the new era. Energy was and remains the main component of human life. It gives the ability to create different materials, is one of the main factors in the development of new technologies. Simply put, without the development of various types of energy the person is not able to fully exist. Homo Sapiens went from being the first to fire nuclear power plants have mastered the production of the main traditional energy resources - coal, oil and gas, harnessing energy from rivers, have mastered the "peaceful atom", but increasingly discusses the use of new, innovative, alternative forms of energy.*

***Key words:** alternative source, global warming, solar systems, photovoltaic cells, traditional fuels.*

**Салуквадзе Ирина Николаевна,** Кандидат экономического наук, Доцент. Доцент кафедры «общеобразовательных дисциплин» Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля». Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства.

**Демьяненко Татьяна Игоревна,** старший преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин. Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля». Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства.

УДК 621.3.051.20

## ЭНЕРГОРЕСУРСЫ – СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЧАСТЬ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Андрійчук Н.Д., Богатырёва Л.Ю.

## THE ENERGY COMPONENT OF THE SUSTENANCE OF HUMAN SOCIETY

Andriychuk N.D., Bogatyreva L.Y.

*Энерговооруженность общества – основа его научно-технического прогресса, база развития производительных сил. Её соответствие общественным потребностям – важнейший фактор экономического роста. Развивающееся мировое хозяйство требует постоянного наращивания энерговооруженности производства. Она должна быть надежна и с расчетом на отдаленную перспективу.*

**Ключевые слова:** *энергоресурсы, нетрадиционные формы энергии, гелиостат, фотоэлектрический эффект, ветроагрегат, геотермальная энергетика.*

На пороге XXI века человек все чаще и чаще стал задумываться о том, что станет основой его существования в новой эре. Энергия была и остается главной составляющей жизни человека. Она дает возможность создавать различные материалы, является одним из главных факторов при разработке новых технологий. Попросту говоря, без освоения различных видов энергии человек не способен полноценно существовать. Homo Sapiens прошел путь от первого костра до атомных электростанций, освоил добычу основных традиционных энергетических ресурсов - угля, нефти и газа, научился использовать энергию рек, освоил “мирный атом”, но все активнее обсуждаются вопросы использования новых нетрадиционных, альтернативных видов энергии.

По оценкам специалистов, мировые ресурсы угля составляют 15, а по неофициальным данным 30 триллионов тонн, нефти - 300 миллиардов тонн, газа - 220 триллионов кубометров. Разведанные запасы угля составляют 1685 миллиардов тонн, нефти - 137 миллиардов тонн, газа - 142 триллионов кубометров. Почему же наблюдается тенденция

к освоению альтернативных видов энергии, при таких, казалось бы, внушительных цифрах, при том, что в последние годы в шельфовых зонах морей открыты огромные запасы нефти и газа?

Есть несколько ответов на этот вопрос. Во-первых, непрерывный рост промышленности, как основного потребителя энергетической отрасли. Существует точка зрения, что при нынешней ситуации запасов угля хватит примерно на 270 лет, нефти на 35-40 лет, газа на 50 лет. В отличие от ископаемых топлив нетрадиционные формы энергии не ограничены геологическими запасами. Это означает, что их использование и потребление не ведет к неизбежному исчерпанию запасов.

Во-вторых, необходимость значительных финансовых затрат на разведку новых месторождений, так как часто эти работы связаны с организацией глубокого бурения (в частности, в морских условиях) и другими сложными и наукоемкими технологиями. И, в третьих, экологические проблемы, связанные с добычей энергетических ресурсов. Склады нефтепродуктов и окружающие их территории подчас напоминают “города мертвых”, а кадры кинохроники о плавающих в нефтяной пленке морских птицах и животных тревожат не только Greenpeace.

Не менее важной причиной необходимости освоения альтернативных источников энергии является проблема глобального потепления. Суть ее заключается в том, что двуокись углерода (CO<sub>2</sub>), высвобождаемая при сжигании угля, нефти и бензина в процессе получения тепла, электроэнергии и обеспечения работы транспортных средств, поглощает тепловое излучение поверхности нашей планеты,

нагретой Солнцем и создает так называемый парниковый эффект.

В настоящее время выдвигаются множество различных идей и предложений по использованию всевозможных возобновляемых видов энергии. Разработка некоторых проектов еще только начинается. Так, существуют предложения по использованию энергии разложения атомных частиц, искусственных смерчей и даже энергии молнии. Проводятся эксперименты по использованию “биоэнергетики”, например, энергии парного молока для обогрева коровников.

Но существуют и “традиционные” виды альтернативной энергии. Это энергия Солнца и ветра, энергия морских волн, приливов и отливов. Есть проекты преобразования в электроэнергию газа, выделяющегося на мусорных свалках, а также из навоза на звероводческих фермах. Основным видом “бесплатной” неиссякаемой энергии по справедливости считается Солнце. В Солнце сосредоточено 99, 886% всей массы солнечной системы. Солнце каждую секунду излучает энергию в тысячи миллиардов раз большую, чем при ядерном взрыве 1 кг U235.

Рассмотренные в работе новые схемы преобразования энергии можно объединить единым термином «экоэнергетика», под которым подразумеваются любые методы получения чистой энергии, не вызывающие загрязнения окружающей среды.

Солнце - неисчерпаемый источник энергии - каждую секунду дает Земле 80 триллионов киловатт, то есть в несколько тысяч раз больше, чем все электростанции мира. Большую часть этой энергии рассеивает или поглощает атмосфера, особенно облака, и только треть её достигает земной поверхности. Вся энергия, испускаемая Солнцем, больше той её части, которую получает Земля, в 5 млрд. раз. Солнечная энергия, падающая на поверхность одного озера, эквивалентна мощности крупной электростанции. Нужно только уметь пользоваться им.

В последнее время интерес к проблеме использования солнечной энергии резко возрос. Потенциальные возможности энергетике, основанные на использовании непосредственного солнечного излучения, чрезвычайно велики.

Использование всего лишь 0,0125% энергии Солнца могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетике, а использование 0,5% полностью покрыть

потребности на перспективу. К сожалению, вряд ли когда-нибудь эти громадные потенциальные ресурсы удастся реализовать в больших масштабах. Только очень небольшая часть этой энергии может быть практически использована. Едва ли не главная причина подобной ситуации – слабая плотность солнечной энергии. Простой расчет показывает, что если снимаемая с 1 м<sup>2</sup> освещенной солнцем поверхности мощность в среднем составляет 160 Вт, то для генерирования 100 тыс. кВт нужно снимать энергию с площади в 1,6 км<sup>2</sup>. Ни один из известных в настоящее время способов преобразования энергии не может обеспечить экономическую эффективность такой трансформации.

Доказано, что в высоких широтах плотность солнечной энергии составляет 80-130 Вт/м<sup>2</sup>, в умеренном поясе – 130-210, а в пустынях тропического пояса - 210-250 Вт /м<sup>2</sup>. Это означает, что наиболее благоприятные условия для использования солнечной энергии существуют в развивающихся странах Африки, Южной Америки, в Японии, Израиле, Австралии, в отдельных районах США (Флорида, Калифорния). В СНГ в районах, благоприятных для этого, живет примерно 130 млн. человек, в том числе 60 млн. в сельской местности.

Например, Тибет - самая близкая к Солнцу часть нашей планеты - по праву считает солнечную энергию своим богатством. На сегодня в Тибетском автономном районе Китая построено уже более 50 тысяч гелиопечей. Солнечной энергией отапливаются жилые помещения площадью 150 тысяч м<sup>2</sup>, созданы гелиотеплицы общей площадью 1 миллион м<sup>2</sup>.

Чтобы в полной мере использовать лучистую энергию Солнца, ее необходимо превратить в какой-либо иной вид.

Сегодня для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию мы располагаем двумя возможностями: использовать солнечную энергию как источник тепла для выработки электроэнергии традиционными способами (например, с помощью турбогенераторов) или же непосредственно преобразовывать солнечную энергию в электрический ток в солнечных элементах. В значительно более широких масштабах солнечную энергию используют после ее концентрации при помощи зеркал – для плавления веществ, дистилляции воды, нагрева, отопления и т. д.

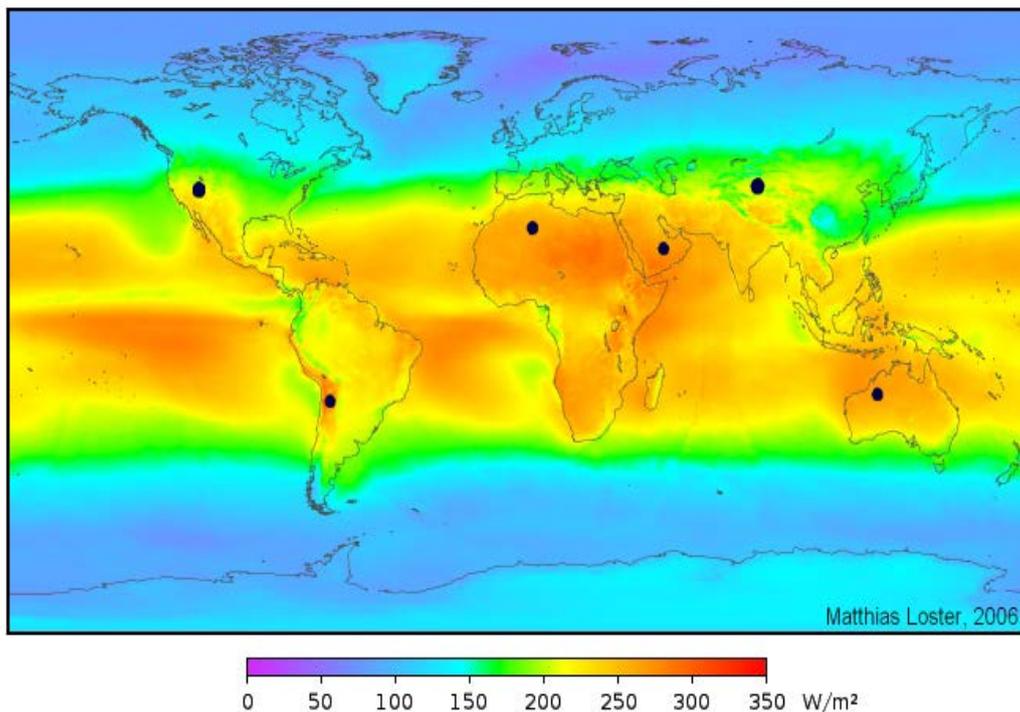


Рис. 1. Распределение плотности солнечного излучения на Земле

Поскольку энергия солнечного излучения распределена по большой площади (иными словами, имеет низкую плотность), любая установка для прямого использования солнечной энергии должна иметь собирающее устройство (коллектор) с достаточной поверхностью.

Простейшее устройство такого рода – плоский коллектор.

В принципе это черная плита, хорошо изолированная снизу. Она прикрыта стеклом или пластмассой, которая пропускает свет, но не пропускает инфракрасное тепловое излучение. В пространстве между плитой и стеклом чаще всего размещают черные трубки, через которые текут вода, масло, ртуть, воздух, сернистый ангидрид и т. п.

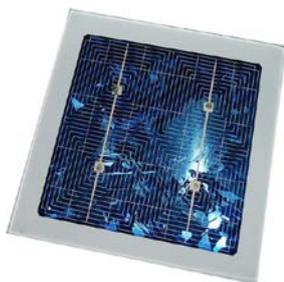


Рис.2. Плоский коллектор

Солнечное излучение, проникая через стекло или пластмассу в коллектор, поглощается черными трубками и плитой и нагревает рабочее вещество в трубках. Тепловое излучение не может выйти из коллектора, поэтому температура в нем значительно выше (на 200–500°C), чем температура окружающего воздуха. В этом проявляется так называемый парниковый эффект. Обычные садовые парники, по сути дела, представляют собой простые коллекторы солнечного излучения. Но чем дальше от тропиков, тем менее эффективен горизонтальный коллектор, а поворачивать его вслед за Солнцем слишком трудно и дорого. Поэтому такие коллекторы, как правило, устанавливают под определенным оптимальным углом к югу.

Более сложным и дорогостоящим коллектором является вогнутое зеркало, которое сосредоточивает падающее излучение в малом объеме около определенной геометрической точки – фокуса. Отражающая поверхность зеркала выполнена из металлизированной пластмассы либо составлена из многих малых плоских зеркал, прикрепленных к большому параболическому основанию.



Рис. 3. Схема работы Крымской экспериментальной СЭ

Благодаря специальным механизмам коллекторы такого типа постоянно повернуты к Солнцу – это позволяет собирать возможно большее количество солнечного излучения. Температура в рабочем пространстве зеркальных коллекторов достигает  $3000^{\circ}\text{C}$  и выше.

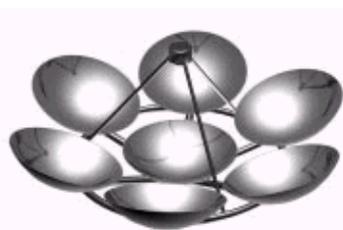


Рис. 4. Высокотемпературный гелиостат

По мнению специалистов, наиболее привлекательной идеей относительно преобразования солнечной энергии является использование фотоэлектрического эффекта в полупроводниках.

Но, для примера, электростанция на солнечных батареях вблизи экватора с суточной выработкой  $500\text{ МВт}\cdot\text{ч}$  (примерно столько энергии вырабатывает довольно крупная ГЭС) при КПД, равном  $10\%$ , потребовала бы эффективной поверхности около  $500\text{ тыс. м}^2$ . Ясно, что такое огромное количество солнечных полупроводниковых элементов может окупиться только тогда, когда их производство будет действительно дешево. Эффективность солнечных электростанций в других зонах Земли была бы мала из-за неустойчивых атмосферных условий, относительно слабой интенсивности солнечной радиации, которую здесь даже в солнечные дни сильнее поглощает атмосфера, а также колебаний, обусловленных чередованием дня и ночи.

Тем не менее, солнечные фотоэлементы уже сегодня находят свое специфическое

применение. Они оказались практически незаменимыми источниками электрического тока в ракетах, спутниках и автоматических межпланетных станциях. Освоение космического пространства позволяет разрабатывать проекты солнечно-космических электростанций для энергоснабжения Земли. Эти станции, в отличие от земных, не только смогут получать более плотный поток теплового солнечного излучения, но и не зависеть от погодных условий и смены дня и ночи, ведь в космосе Солнце сияет с неизменной интенсивностью.

На Земле солнечные фотоэлементы используются, в первую очередь, для питания телефонных сетей в не электрифицированных районах или же для малых потребителей тока (радиоаппаратура, электрические бритвы и зажигалки и т.п.). С 80-х годов прошлого века фотоэлементы стали использоваться в авиации в плане строительства экспериментальных летательных аппаратов, использующих солнечные зеркала, установленные преимущественно на крыльях, в качестве источника питания для работы тяговых электродвигателей и электросистем летательного аппарата.

Продолжается изучение возможностей более широкого использования гелиоустановок: «солнечные» крыши на домах для энерго- и теплоснабжения, «солнечные» крыши на автомобилях для подзарядки аккумуляторов, «солнечные» фермы в сельских районах и т.д. Однако не обходится без недостатков, и здесь камнем преткновения солнечной электроэнергетики является низкий КПД кремниевых элементов. Дело в том, что лишь небольшая часть солнечной энергии поглощается электронами в полупроводниках. Львиная доля падающего излучения идет на нагрев фотоэлемента (что, между прочим, ухудшает его фотоэлектрические характеристики), какая-то часть отражается, какая-то пронизывает его насквозь. КПД производимых в промышленных масштабах фотоэлементов в среднем составляет  $16\%$ , у лучших образцов до  $25\%$ . В лабораторных же условиях уже достигнут КПД  $40,7\%$ .

Также существенного повышения КПД фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) удалось добиться за счёт создания преобразователей с двухсторонней чувствительностью (до  $80\%$  к уже имеющемуся КПД одной стороны), применения

люминесцентно переизлучающих структур, предварительного разложения солнечного спектра на две или более спектральные области с помощью многослойных плёночных светоделителей (дихроичных зеркал) с последующим преобразованием каждого участка спектра отдельным ФЭП и т. д.

Однако даже при наилучших атмосферных условиях (южные широты, чистое небо) плотность потока солнечного излучения составляет не более 250 Вт/м<sup>2</sup>. Поэтому, чтобы коллекторы солнечного излучения «собирали» за год энергию, необходимую для удовлетворения всех потребностей человечества, нужно разместить их на территории 130 000 км<sup>2</sup>. Необходимость использовать коллекторы огромных размеров, кроме того, влечет за собой значительные материальные затраты. Т.к. материалом для простейшего коллектора солнечного излучения служит металл (как правило, алюминий), то согласно расчетам специалистов, изготовление коллекторов солнечного излучения площадью в 1 км<sup>2</sup>, потребует примерно 10 тыс. тонн алюминия. Доказанные же на сегодня мировые запасы этого металла оцениваются в 1150 миллионов тонн.

Из вышеизложенного ясно, что существуют разные факторы, ограничивающие мощность солнечной энергетики.

Солнечная энергетика относится к наиболее материалоемким видам производства энергии. Крупномасштабное использование солнечной энергии влечет за собой гигантское увеличение потребности в материалах, а, следовательно, и в трудовых ресурсах для добычи сырья, его обогащения, получения материалов, изготовление гелиостатов, коллекторов, другой аппаратуры, их перевозки. Пока ещё электрическая энергия, рожденная солнечными лучами, обходится намного дороже, чем получаемая традиционными способами.

Некоторые перспективные материалы трудно получить в необходимых для создания СЭС количествах из-за ограниченности природных запасов исходного сырья или сложности его переработки. Отдельные методы улучшения энергетических и эксплуатационных характеристик ФЭП, например за счёт создания сложных структур, плохо совместимы с возможностями организации их массового производства при низкой стоимости и т. д.

Высокая производительность может быть достигнута лишь при организации полностью автоматизированного производства ФЭП, например на основе ленточной технологии, и создании развитой сети специализированных предприятий соответствующего профиля, то есть фактически целой отрасли промышленности, соизмеримой по масштабам с современной радиоэлектронной промышленностью. Изготовление фотоэлементов и сборка солнечных батарей на автоматизированных линиях обеспечит многократное снижение себестоимости батареи. Наиболее вероятными материалами для фотоэлементов СЭС считаются кремний (к сожалению, ресурс его эксплуатации ограничивается 25-30 годами),  $Cu(In,Ga)Se_2$  и арсенид галлия ( $GaAs$ ), причём в последнем случае речь идёт о гетерофотопреобразователях (ГФП) со структурой  $AlGaAs-GaAs$ .

Ученые надеются, что эксперименты, которые они проводят на опытных установках и станциях, помогут решить не только технические, но и экономические проблемы. Поэтому специалисты непрерывно стремятся усовершенствовать солнечные элементы и сделать их эффективнее. Новый рекорд в этом отношении принадлежит Центру прогрессивных технологий компании «Боинг». Созданный там солнечный элемент преобразует в электроэнергию 41 % попавшего на него солнечного света.

Это достижение стало возможным, с одной стороны, также благодаря использованию двухслойной конструкции. Верхний слой - из арсенида галлия. Он поглощает излучение видимой части спектра. Нижний слой - из антимонида галлия и предназначен улавливать инфракрасное излучение, которое обычно теряется. С другой стороны, высокая эффективность достигается благодаря специальному покрытию, преломляющему свет и фокусирующему его на активные области солнечной ячейки.

**Солнечные пруды.** Солнечные пруды – еще более дешевый способ улавливать солнечную энергию. Искусственный водоем частично заполняется рассолом (очень соленой водой), поверх которого находится пресная вода. Плотность рассола гораздо выше, поэтому он остается на дне и с верхним слоем почти не смешивается. Солнечные лучи без помех проходят через пресную воду, но поглощаются рассолом, превращаясь при этом

в тепло. Верхний слой действует как изоляция, не позволяя нижнему остывать. Иными словами, в солнечных прудах используется тот же принцип, что и в парниках, только земля и стекло заменены соответственно рассолом и пресной водой. Горячий раствор соли может циркулировать по трубам, отапливая помещения, или использоваться для выработки электричества; им нагревают жидкости с низкой точкой кипения, которые, испаряясь, приводит в движение турбогенераторы низкого давления. Поскольку солнечный пруд представляет собой высокоэффективный теплоаккумулятор, с его помощью можно получать энергию непрерывно

Учитывая все вышеизложенное, можно выделить основные достоинства и недостатки использования данного вида получения энергии.

**Достоинства:** общедоступность и неисчерпаемость источника;

-теоретически, полная безопасность для окружающей среды, хотя существует вероятность того, что повсеместное внедрение солнечной энергетики может изменить альбедо (лат. *Albus* - белый – характеристика отражательной способности поверхности) земной поверхности и привести к изменению климата (однако при современном уровне потребления энергии это маловероятно).

**Недостатки:** зависимость от погоды и времени суток;

как следствие, необходимость аккумуляции энергии;

большая площадь для развертывания установок.

Следует добавить, что ученые и энергетики продолжают вести работу по поиску новых более дешевых возможностей использования солнечной энергии. Предлагаются и подчас фантастические предложения, например такие, как строительство космической солнечной станции на орбите планеты, способной принимать испускаемое Солнцем излучение напрямую, без влияния атмосферы, как это происходит на поверхности Земли, к тому же постоянно. Остается лишь изобрести способ передавать полученную энергию из космоса на землю без использования электропроводов. Эта идея не кажется такой уж и фантастической, учитывая тот факт, что первые практические опыты в нашей стране по передаче энергии без проводов с помощью СВЧ-излучения были проведены

под руководством профессора С.И. Тетельбаума в Киевском политехническом институте около 30 лет назад. Две простейшие квадратные антенны со стороной квадрата 100 м при длине волны 1 см позволили передавать энергию на расстояние 50 км с КПД 40%, а на расстояние 5 км - с КПД 60%. Принимая во внимание современное состояние техники, можно полагать, что удастся существенно улучшить все показатели беспроводной линии передачи энергии с помощью СВЧ-излучения. Кто знает, возможно в ближайшем будущем подобный способ передачи будет таким же обыденным как и простая лампа накаливания в помещениях.

На первый взгляд ветер кажется одним из самых доступных и возобновляемых источников энергии. В отличие от Солнца он может “работать” зимой и летом, днем и ночью, на севере и на юге. Но ветер - это очень рассеянный энергоресурс. Природа не создала “месторождения” ветров и не пустила их, подобно рекам, по руслу. Ветровая энергия практически всегда “размазана” по огромным территориям. Основные параметры ветра - скорость и направление - меняются подчас очень быстро и непредсказуемо, что делает его менее “надежным”, чем Солнце.

Но, как ни странно, такой, казалось бы, непостоянный источник энергии как ветер в настоящее время активно исследуется. Поэтому ветроэнергетика активно развивается – 24 % в год. Сейчас это наиболее быстро растущий сектор энергетической промышленности в мире. Во многих странах возникла новая отрасль – ветроэнергетическое машиностроение. По-видимому, и в ближайшей перспективе ветроэнергетика сохранит свои передовые позиции. Мировыми лидерами по применению энергии ветра являются США, Германия, Нидерланды, Дания, Индия. В Европе ветрогенераторы стали привычным элементом пейзажа. Например, в Дании 13% электроэнергии уже сейчас вырабатывается с помощью возобновляемых источников. Половина ветровых турбин изготавливается именно в этой стране, отсюда их развозят по всему свету.

Первоначально наибольшее распространение ветроустановки получили в сельском хозяйстве. На парусниках ветряки приводили в движение насосы и якорные механизмы. Воздушный винт использовали для привода судовых механизмов. Уже позже

делались попытки использовать энергию ветра уже на научной и государственной основе.



Рис. 5. Ветрофермы, установленные на воде и на земле Ветро двигатели

Принцип действия всех ветродвигателей один: под напором ветра вращается ветроколесо с лопастями, передавая крутящий момент через систему передач валу генератора, вырабатывающего электроэнергию, водяному насосу. Чем больше диаметр ветроколеса, тем больше воздушный поток оно захватывает и тем больше энергии вырабатывает агрегат.

Принципиальная простота дает здесь исключительный простор для конструкторского творчества, но только неопытному взгляду ветроагрегат представляется простой конструкцией.

Выход энергии не находится в линейной зависимости от длины лопасти и от скорости ветра: он растет пропорционально квадрату длины лопасти и кубу скорости ветра. Именно поэтому инженеры склоняются в пользу крупных ветродвигателей и стремятся перехватить ветер на большой высоте.

### Типы ветродвигателей

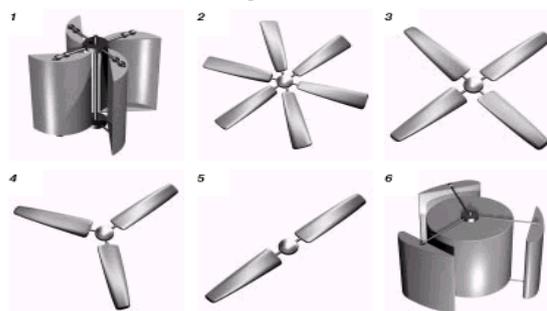


Рис. 6. Основные разновидности ветрогенераторов

Большинство типов ветродвигателей известны так давно, что история умалчивает имена их изобретателей. Основные разновидности ветроагрегатов изображены на рис. 5. Они делятся на две группы:

1. Ветро двигатели с вертикальной осью вращения (карусельные: лопастные(1) и ортогональные (6));

2. ветродвигатели с горизонтальной осью вращения (крыльчатые) (2-5);

#### *Крыльчатые*

Типы крыльчатых ветродвигателей отличаются только количеством лопастей.



Рис. 7. Традиционный крыльчатый ветрогенератор

Традиционная компоновка ветряков – с горизонтальной осью вращения (рис.6) – неплохое решение для агрегатов малых размеров и мощностей. Когда же размахи лопастей выросли, такая компоновка оказалась неэффективной, так как на разной высоте ветер дует в разные стороны. В этом случае не только не удастся оптимально ориентировать агрегат по ветру, но и возникает опасность разрушения лопастей. Для крыльчатых ветродвигателей, наибольшая эффективность которых достигается при действии потока воздуха перпендикулярно к плоскости вращения лопастей крыльев, требуется устройство автоматического поворота оси вращения. С этой целью применяют крыло-стабилизатор.



Рис. 8. Внешний вид малой ВЭС с крылом-стабилизатором

Карусельные ветродвигатели обладают тем преимуществом, что могут работать при любом направлении ветра, не изменяя своего положения.

Коэффициент использования энергии ветра у крыльчатых ветродвигателей намного выше, чем у карусельных. В то же время, у карусельных ветродвигателей намного больше момент вращения. Он максимален для карусельных лопастных агрегатов при нулевой относительной скорости ветра.

Распространение крыльчатых ветроагрегатов объясняется величиной скорости их вращения. Они могут непосредственно соединяться с генератором электрического тока без повышающего редуктора. Скорость вращения крыльчатых ветродвигателей обратно пропорциональна количеству крыльев, поэтому агрегаты с количеством лопастей больше трех практически не используются.

Различие в аэродинамике дает карусельным установкам преимущество в сравнении с традиционными ветряками. При увеличении скорости ветра они быстро наращивают силу тяги, после чего скорость вращения стабилизируется. Карусельные ветродвигатели тихоходны и это позволяет использовать простые электрические схемы. Еще более важным преимуществом карусельной конструкции стала ее способность без дополнительных ухищрений следить за тем "откуда дует ветер", что весьма существенно для приземных рыскающих потоков. Ветроагрегаты подобного типа строятся в США, Японии, Англии, ФРГ, Канаде.

Карусельный лопастный ветродвигатель наиболее прост в эксплуатации. Его конструкция обеспечивает максимальный

момент при запуске ветродвигателя и автоматическое саморегулирование максимальной скорости вращения в процессе работы. С увеличением нагрузки уменьшается скорость вращения и возрастает вращающий момент вплоть до полной остановки

Для того чтобы строительство ветроэлектростанции оказалось экономически оправданным, необходимо, чтобы среднегодовая скорость ветра в данном районе составляла не менее 6 метров в секунду. В нашей стране ветряки можно строить на побережьях Черного, Балтийского и Каспийского морей, в Нижнем Поволжье или на юге Западной Сибири, в Центральном Черноземном районе. Но самой большой ветропотенциал имеют побережья Северного Ледовитого и Тихого океанов, в том числе Ямал, Таймыр, Камчатка, Чукотка и близлежащие острова. В нынешнюю эпоху высоких цен на топливо можно думать, что ветродвигатели окажутся конкурентоспособными по стоимости и смогут участвовать в удовлетворении энергетических нужд страны.

Но ветер дует почти всегда неравномерно. Значит, и генератор будет работать неравномерно, отдавая то большую, то меньшую мощность, ток будет вырабатываться переменной частотой, а то и полностью прекратится, и притом, возможно, как раз тогда, когда потребность в нем будет наибольшей. В итоге любой ветроагрегат работает на максимальной мощности лишь малую часть времени, а в остальное время он либо работает на пониженной мощности, либо просто стоит.

Т а б л и ц а 1.

## Суммарная установленная мощность ветростанций различных стран мира

Страна, регион	Установленная мощность (МВт)
США	1700
Дания	520
Германия	320
Великобритания	145
Нидерланды	132
Испания	55
Греция	35
Швеция	12
Италия	10
Бельгия	7
Португалия	2
Ирландия	7
Франция	1
Остальные регионы Европы	35
Индия	100
Китай	25
Остальные регионы Мира	75
<b>Всего</b>	<b>около 3200</b>

Для выравнивания отдачи тока применяют аккумуляторы, что и дорого, и мало эффективно.

Интенсивности ветров сильно зависят и от географии. ВЭС выгодно использовать в таких местах, где среднегодовая скорость ветра выше 3,5—4 м/с для небольших станций и выше 6 м/с для станций большой мощности. В нашей стране зоны со скоростью ветра 6 м/с расположены, в основном на Крайнем Севере, вдоль берегов Ледовитого океана, где потребности в энергии минимальны (табл. 2).

Но совершенно ясно, что даже к одному работающему ветряку близко подходить не желательно, и притом с любой стороны, так как

при изменениях направления ветра направление оси ротора тоже изменяется. Для размещения же сотен, тысяч и тем более миллионов ветряков потребовались бы обширные площади в сотни тысяч гектаров. Дело в том, что ветроагрегаты близко друг к другу ставить нельзя, так как они могут создавать взаимные помехи в работе, "отнимая ветер" один от другого. Минимальное расстояние между ветряками должно быть не менее их утроенной высоты.

Поэтому для размещения ветряной станции высокой мощности требуется большие площади.

Т а б л и ц а 2

## Возможности использования энергии ветра

Район	Ср. скорость ветра, м/с	Возможные типы ВЭС
Побережье Ледовитого океана, отдельные места у берегов Каспийского моря	> 6	Крупные ВЭС по 3 - 4 МВт
Европейская часть СНГ, Западная Сибирь, Казахстан, Дальний Восток, Камчатка	3,5 - 6	ВЭС средней мощности
Юг Средней Азии, Восточная Сибирь	< 3,5	Мелкие ВЭС для решения локальных задач

При этом необходимо иметь в виду, что уже ничего другого на этой площади делать будет нельзя. Работающие ветродвигатели создают значительный шум, и что особенно плохо — генерируют неслышимые ухом, но вредно действующие на людей инфразвуковые колебания с частотами ниже 16 Гц.

Кроме этого, ветряки распугивают птиц и зверей, нарушая их естественный образ жизни, а при большом их скоплении на одной площадке — могут существенно исказить естественное движение воздушных потоков с непредсказуемыми последствиями. Неудивительно, что во многих странах, в том числе в Ирландии, Англии и других, жители неоднократно выражали протесты против размещения ВЭС вблизи населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий, а в условиях густо населенной Европы это означает — везде.

Поэтому было выдвинуто предложение о размещении систем ветряков в открытом море. Но в то же время строительство и последующая эксплуатация, обслуживание будут обходиться не дешево. В Швеции было начато строительство одной ВЭС мощностью 200 кВт на расстоянии 250 м от берега, которая будет передавать энергию на землю по подводному кабелю. Аналогичные проекты были и у нас: предлагали устанавливать ветряки и на акватории Финского залива, и на Арабатской стрелке в Крыму. Помимо сложности и дороговизны подобных проектов, их реализация создала бы серьезные помехи судоходству, рыболовству, а также оказало бы все те же вредные экологические воздействия, о которых говорилось ранее. Поэтому и эти планы вызывают движения протеста в частности по поводу пагубного влияния на рыб.

Из всего сказанного следует вывод. Ветрогенераторы могут быть полезными в

районах Крайнего Севера, например — на льдинах у зимовщиков, или в некоторых других районах, куда затруднена подача энергии в других формах, и где потребности в энергии относительно невелики. Ветровые двигатели не загрязняют окружающую среду, но они очень громоздкие и шумные. Чтобы производить с их помощью много электроэнергии, необходимы огромные пространства земли. Лучше всего они работают там, где дуют сильные ветры. И, тем не менее, всего одна электростанция, работающая на ископаемом топливе, может заменить по количеству полученной энергии тысячи ветряных турбин.

## ЭНЕРГИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА

В Мировом Океане скрыты колоссальные запасы энергии. Так, тепловая (внутренняя) энергия, соответствующая перегреву поверхностных вод океана по сравнению с донными, скажем, на 20 градусов, имеет величину порядка  $10^{26}$  Дж. Кинетическая энергия океанских течений оценивается величиной порядка  $10^{18}$  Дж. Однако пока что люди умеют использовать лишь ничтожные доли этой энергии, да и то ценой больших и медленно окупающихся капиталовложений, так что такая энергетика до сих пор казалась малоперспективной. Но принимая во внимание тот факт, что в настоящее время происходит весьма быстрое истощение запасов ископаемых топлив (прежде всего нефти и газа), использование которых к тому же связано с существенным загрязнением окружающей среды (включая сюда также и тепловое "загрязнение", выделение  $\text{CO}_2$ ), резкая ограниченность запасов урана (энергетическое использование которых к тому же порождает опасные радиоактивные отходы) и неопределенность как сроков, так и

экологических последствий промышленного использования термоядерной энергии заставляет ученых и инженеров уделять все большее внимание поискам альтернативных источников энергии, к которой в полной мере можно приписать и огромные ресурсы Мирового океана. Широкая общественность, да и многие специалисты еще не знают, что поисковые работы по извлечению энергии из морей и океанов приобрели в последние годы в ряде стран уже довольно большие масштабы и что их перспективы становятся все более обещающими. Океан таит в себе несколько различных видов энергии: энергию океанских течений, энергию приливов и отливов, термальную энергию, и др.

Неисчерпаемые запасы кинетической энергии морских течений, накопленные в океанах и морях, можно превращать в механическую и электрическую энергию с помощью турбин, погруженных в воду (подобно ветряным мельницам, «погруженным» в атмосферу).

Важнейшее и самое известное морское течение – Гольфстрим. Его основная часть проходит между полуостровом Флорида и Багамскими островами. Ширина течения составляет 60 км, глубина до 800 м, а поперечное сечение 28 км<sup>2</sup>. Подсчитанная энергия, которую несет в себе Гольфстрим, составляет приблизительно 50 тыс. МВт. Но эта цифра чисто теоретическая, а практически можно рассчитывать на использование лишь около 10% энергии течения.

Но сможет ли человек генерировать энергию, извлекая ее из подводных течений. «Сможет» - таково в 1974 году было заключение Комитета Мак-Артура, находящегося под эгидой Национального управления по исследованию океана и атмосферы в Майами (Флорида). Общее мнение заключалось в том, что имеют место определенные проблемы, но все они могут быть решены в случае выделения ассигнований, так как "в этом проекте нет ничего такого, что превышало бы возможности современной инженерной и технологической мысли".

Станции, генерирующие электроэнергию из подводных течений, по принципу работы схожи с ветровыми электростанциями, с одной лишь разницей, что лопасти генератора находятся под водой. Такие электростанции также дороги в строительстве и обслуживании.



Рис. 9. Электростанции, использующие энергию водных течений

Не обходится без недостатков, таких как, например, негативные последствия для обитателей океана – строительство большого количества таких станций неминуемо повлияет на сами течения, в частности, смешение нижних и верхних слоев вод. В случае с Гольфстримом это недопустимо.

Столетиями люди думали и размышляли над природой морских приливов и отливов. Сегодня мы точно знаем, что это грандиозное явление природы – ритмичное движение морских вод провоцируют силы притяжения Солнца и Луны. Так как наше Солнце расположено от Земли в 400 раз дальше, то гораздо более скромная масса Луны оказывает действие на земные воды вдвое большее, чем масса Солнца. Поэтому определяющую роль играет именно прилив, вызванный Луной (лунный прилив).

По оценкам экспертов организации «Greenpeace», ресурсы приливной энергии в мире таковы, что их использование позволит получить количество энергии, превышающее современные потребности человечества в электричестве в 5 тыс. раз.

На морских просторах приливы сменяются отливами теоретически через 6 часов 12 минут 30 секунд. Если Луна, Солнце и Земля находятся на одной прямой линии (сизигия), Солнце своим притяжением усиливает воздействие Луны, и тогда наступает более сильный прилив (сизигийный прилив, или большая вода). А когда Солнце находится под прямым углом к отрезку прямой Земля-Луна (квадратура), имеет место слабый прилив (квадратурный, или малая вода). Сильный и слабый приливы сменяют друг друга через 7 дней.

Однако истинный ход прилива и отлива весьма сложен. На него влияют особенности движения небесных тел, характер береговой линии, глубина воды, морские течения и ветер. Для использования приливной энергии наиболее подходящими можно считать такие места на морском побережье, где приливы имеют большую амплитуду, а контур и рельеф берега позволяют устроить большие замкнутые «бассейны».

Приливная электростанция (ПЭС) — особый вид гидроэлектростанции, использующий энергию приливов, а фактически кинетическую энергию вращения Земли. Приливные электростанции строят на берегах морей, где гравитационные силы Луны и Солнца дважды в сутки изменяют уровень воды. Колебания уровня воды у берега могут достигать 13 метров.

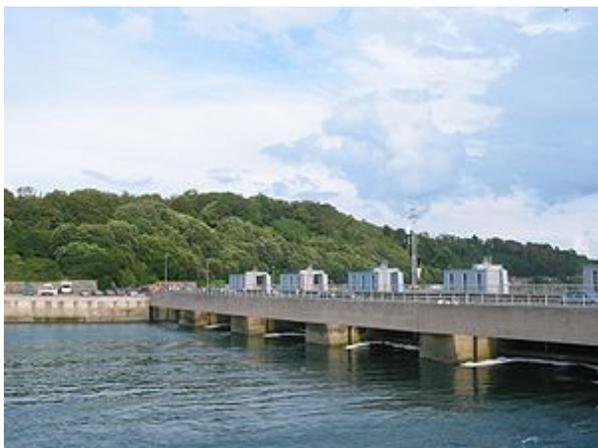


Рис. 10. Крупнейшая в мире приливная электростанция на реке Ля Ранс, Франция

Для их использования сооружаются плотины, образуется водоем - бассейн приливной электростанции и при достаточной высоте прилива создается напор. Сила падения воды, проходящей через гидротурбины, вращает их и приводит в движение генераторы электрического тока. На однобассейновой приливной станции двойного действия, работающей как во время прилива, так и во время отлива, можно вырабатывать электроэнергию четыре раза в сутки в течение 4-5 часов во время наполнения и опорожнения бассейна. Агрегаты такой станции должны быть приспособлены к работе в прямом и обратном режимах и служить как для производства электроэнергии, так и для перекачки воды.

Крупная приливная электростанция мощностью 240 МВт работает в устье реки Ля Ранс (рис.10). Она действует в сочетании с другими электростанциями в качестве пиковой (т.е. покрывающей потребность в электроэнергии в часы пик). Система использует двадцать четыре 10-мегаваттных турбины Каплана и ежегодно производит около 50 ГВт•ч электроэнергии. Амплитуда прилива в устье реки составляет 14 м, бассейн площадью 22 км<sup>2</sup>, который содержит 180 млн м<sup>3</sup> полезной воды.

В России в 1968 г. вступила в строй небольшая приливная электростанция на побережье Баренцева моря в губе Кислой. Разработаны проекты Мезенской приливной электростанции на берегу Белого моря, а также Пенжинской и Тугурской на берегу Охотского моря.

Существуют проекты строительства подводных электростанций-турбин, которые будут собраны на дне моря и станут работать от быстрых течений, вызванных приливами и отливами (рис. 11).

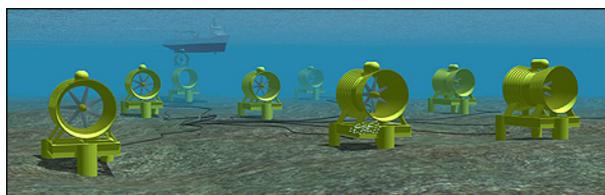


Рис.11. Проект подводной станции

Турбины будут находиться на глубине, достаточной для прохождения на ними судов, любого водоизмещения. Негативное влияние на экологию предполагается даже меньшим, чем у традиционных «барьерных» приливных электростанций, препятствующих миграции рыб, например лососю, сельди и угрю.

Ожидается, что мощности станции хватит на обеспечение потребности в электроэнергии 200 000 домов. Внешний вид турбин обусловлен существующей технологией, применяющейся при производстве нефтяных платформ. Каркас, весом 2500 тон, служит основой для насоса, генератора, мотора и электроники. Возможными местами размещения таких электростанций может быть залив Пентланд в Шотландии, где станция могла бы дать 10 тыс. МВт, пролив Св.Георгия, акваторий острова Уайт и Нормандских островов, а также Южная Корея. Преимуществами ПЭС является сравнительная

экологичность и низкая себестоимость производства энергии. Недостатками — во-первых, высокая стоимость строительства и изменяющаяся в течение суток мощность, из-за чего ПЭС может работать только в составе энергосистемы, располагающей достаточной мощностью электростанций других типов. Во-вторых, недостаток приливных электростанций в том, что они строятся только на берегу морей и океанов, к тому же они развивают не очень большую мощность, да и приливы бывают всего лишь два раза в сутки. И даже они экологически не безопасны. Они нарушают нормальный обмен соленой и пресной воды и тем самым — условия жизни морской флоры и фауны. Влияют они и на климат, поскольку меняют энергетический потенциал морских вод, их скорость и территорию перемещения. Морские теплостанции, построенные на перепаде температур морской воды, способствуют выделению большого количества углекислоты, нагреву и снижению давления глубинных вод и остыванию поверхностных. А процессы эти не могут не сказаться на климате, флоре и фауне региона.

В настоящее время в ряде стран, и в первую очередь в Англии, ведутся интенсивные работы по использованию энергии морских волн. Британские острова имеют очень длинную береговую линию, во многих местах море остается бурным в течение длительного времени. По оценкам ученых, за счет энергии морских волн в английских территориальных водах можно было бы получить мощность до 120 ГВт, что вдвое превышает мощность всех электростанций, принадлежащих Британскому Центральному электроэнергетическому управлению.

Один из проектов использования морских волн основан на принципе колеблющегося водяного столба. В гигантских «коробах» без дна и с отверстиями вверху под влиянием волн уровень воды то поднимается, то опускается. Столб воды в коробе действует наподобие поршня: засасывает воздух и нагнетает его в лопатки турбин. Главную трудность здесь составляет согласование инерции рабочих колес турбин с количеством воздуха в коробах, так чтобы за счет инерции сохранялась постоянная скорость вращения турбинных валов в широком диапазоне условий на поверхности моря.

Температура воды океана в разных местах различна. Между тропиком Рака и

тропиком Козерога поверхность воды нагревается до 82 градусов по Фаренгейту (27 С). На глубине в 2000 футов (600 метров) температура падает до 35,36,37 или 38 градусов по Фаренгейту (2-3.5 С). Возникает вопрос: есть ли возможность использовать разницу температур для получения энергии? Могла бы тепловая энергоустановка, плывущая под водой, производить электричество? Да, это оказалось возможным.

За последние десятилетия достигнуты определенные успехи в использовании тепловой энергии океана. Были созданы установки мини-ОТЕС и ОТЕС-1 (ОТЕС — начальные буквы английских слов Ocean Thermal Energy Conversion, т.е. преобразование тепловой энергии океана). Пробная эксплуатация установки мини-ОТЕС в течение трех с половиной месяцев показала ее достаточную надежность. При непрерывной круглосуточной работе не было срывов, не считая мелких технических неполадок, обычно возникающих при испытаниях любых новых установок. Полная мощность установки составляла в среднем 48,7 кВт, максимальная — 53 кВт; 12 кВт (максимум 15) установка отдавала на зарядку аккумуляторов. Остальная вырабатываемая мощность расходовалась на собственные нужды установки. В их число входят затраты энергии на работу трех насосов, потери в двух теплообменниках, турбине и в генераторе электрической энергии.

Установка мини-ОТЕС смонтирована на барже. Под ее днищем помещен длинный трубопровод для забора холодной воды. Трубопроводом служит полиэтиленовая труба длиной 700 м с внутренним диаметром 50 см. Трубопровод прикреплен к днищу судна с помощью особого затвора, позволяющего в случае необходимости быстро отсоединить трубопровод. Полиэтиленовая труба одновременно используется и для закоривания системы труба–судно. Оригинальность подобного решения не вызывает сомнений, поскольку якорные постановки для разрабатываемых ныне более мощных систем ОТЕС являются весьма серьезной проблемой.

Новые станции ОТЕС на мощность во много десятков и сотен мегаватт проектируются без судна. Это — одна грандиозная труба, в верхней части которой находится круглый машинный зал, где размещены все необходимые устройства для преобразования энергии. Верхний конец

трубопровода холодной воды расположится в океане на глубине 25–50 м. Машинный зал проектируется вокруг трубы на глубине около 100 м. Там будут установлены турбоагрегаты, работающие на парах аммиака, а также все остальное оборудование. Масса всего сооружения превышает 300 тыс. т.

Подводя итог, можно выделить то, что энергетические ресурсы мирового океана поистине колоссальны. Пусть человек пока и не в состоянии использовать их полностью, но работы над этим ведутся, создаются все более и более совершенные агрегаты для генерирования энергии океана в электроэнергию. Главным критерием производства и эксплуатации данных установок по-прежнему является финансовый вопрос. К сожалению, на данном этапе технического развития человек не в состоянии избежать негативного влияния на природу.

Издавна люди знают о стихийных проявлениях гигантской энергии, таящейся в недрах земного шара. История человечества хранит предания о катастрофических извержениях вулканов, унесших миллионы человеческих жизней, неузнаваемо изменивших облик многих мест на Земле. Мощность извержения даже сравнительно небольшого вулкана колоссальна, она многократно превышает мощность самых крупных энергетических установок, созданных руками человека. Правда, о непосредственном использовании энергии вулканических извержений говорить не приходится – пока у людей нет ни возможностей, ни технологий чтобы обуздать эту непокорную стихию, да и, к счастью, извержения эти достаточно редкие события. Но это – проявления энергии, таящейся в земных недрах, когда лишь крохотная доля этой неисчерпаемой энергии находит выход через огнедышащие жерла вулканов.

Геотермальная энергетика — направление энергетики, основанное на производстве электрической и тепловой энергии за счёт тепловой энергии, содержащейся в недрах земли, на геотермальных станциях.

Недра Земли таят в себе огромный, практически неисчерпаемый источник энергии. Ежегодное излучение внутреннего тепла на нашей планете составляет  $2,8 \cdot 10^{14}$  млрд. кВт·ч. Оно постоянно компенсируется радиоактивным распадом некоторых изотопов в земной коре.

Источники же геотермальной энергии могут быть двух типов. Первый тип – это подземные бассейны естественных теплоносителей – горячей воды (гидротермальные источники), или пара (паротермальные источники), или пароводяной смеси. По существу, это непосредственно готовые к использованию «подземные котлы», откуда воду или пар можно добыть с помощью обычных буровых скважин. Хозяйственное применение геотермальных источников распространено в Исландии и Новой Зеландии, Италии и Франции, Литве, Мексике, Никарагуа, Коста-Рике, Филиппинах, Индонезии, Китае, Японии, Кении.

Второй тип – это тепло горячих горных пород. Закачивая в такие горизонты воду, можно также получить пар или перегретую воду для дальнейшего использования в энергетических целях. Высокие горизонты пород с температурой менее 100 °С распространены и на множестве геологически малоактивных территориях, потому наиболее перспективным считается использование геотерм в качестве источника тепла. Перспективными источниками перегретых вод обладают множественные вулканические зоны планеты, в том числе Камчатка, Курильские, Японские и Филиппинские острова, обширные территории Кордильер и Анд.

На 2006 г. в России разведано 56 месторождений термальных вод. На двадцати месторождениях ведется промышленная эксплуатация, среди них: Паратунское (Камчатка), Казьминское и Черкесское (Карачаево-Черкесия и Ставропольский край), Кизлярское и Махачкалинское (Дагестан), Мостовское и Вознесенское (Краснодарский край).



Рис. 12. Геотермальная ЭС в Исландии

От того, какой источник геотермальной энергии используется, зависит устройство станции. Если в данном регионе имеются источники подземных термальных вод, то целесообразно их использовать для теплоснабжения и горячего водоснабжения.

Например, в Западной Сибири имеется подземное море площадью 3 млн. м<sup>2</sup> с температурой воды 70—90 °С. Большие запасы подземных термальных вод находятся в Дагестане, Северной Осетии, Чечне, Ингушетии, Кабардино-Балкарии, Закавказье, Ставропольском и Краснодарском краях, Казахстане, на Камчатке и в ряде других районов России.

Следует сказать, что потенциальная суммарная рабочая мощность геотермальных электростанций в мире уступает большинству станций на иных возобновимых источниках энергии. Однако направление получило развитие в силу высокой энергетической плотности в отдельных заселённых географических районах, в которых отсутствуют или относительно дороги горючие полезные ископаемые, а также благодаря правительственным программам.

Установленная мощность геотермальных электростанций в мире на начало 1990-х составляла около 5 тысяч МВт, на начало 2000-х — около 6 тысяч МВт. В конце 2008 года суммарная мощность геотермальных электростанций во всём мире выросла до 10,5 тысяч МВт.

Но в обоих вариантах использования главный недостаток заключается, пожалуй, в очень слабой концентрации геотермальной энергии. Впрочем, в местах образования своеобразных геотермических аномалий, где горячие источники или породы подходят сравнительно близко к поверхности и где при погружении вглубь на каждые 100 м температура повышается на 30-40°С, концентрации геотермальной энергии могут создавать условия и для хозяйственного её использования. В зависимости от температуры воды, пара или пароводяной смеси геотермальные источники подразделяются на низко- и среднетемпературные (с температурой до 130 – 150° С) и высокотемпературные (свыше 150°). От температуры во многом зависит характер их использования.

Итак, можно утверждать, что геотермальная энергия имеет четыре выгодные отличительные черты.

Во-первых, её запасы практически неисчерпаемы. По оценкам конца 70-х годов до глубины 10 км они составляют такую величину, которая в 3,5 тысячи раз превышает запасы традиционных видов минерального топлива.

Во-вторых, геотермальная энергия довольно широко распространена. Концентрация её связана в основном с поясами активной сейсмической и вулканической деятельности, которые занимают 1/10 площади Земли. В пределах этих поясов можно выделить отдельные наиболее перспективные «геотермальные районы», примерами которых могут служить Калифорния в США, Новая Зеландия, Япония, Исландия, Камчатка, Северный Кавказ в России. Только в бывшем СССР к началу 90-х годов было открыто около 50 подземных бассейнов горячей воды и пара.

В-третьих, использование геотермальной энергии не требует больших издержек, т.к. в данном случае речь идет об уже «готовых к употреблению», созданных самой природой источниках энергии.

Наконец, в-четвертых, геотермальная энергия в экологическом отношении совершенно безвредна и не загрязняет окружающую среду.

Подводя итог, вкратце можно сказать, что достоинствами геотермальной энергии можно считать практическую неисчерпаемость ресурсов, независимость от внешних условий, времени суток и года, возможность комплексного использования термальных вод для нужд теплоэлектроэнергетики и медицины. Недостатками же ее являются высокая минерализация термальных вод большинства месторождений и наличие токсичных соединений и металлов, что исключает в большинстве случаев сброс термальных вод в природные водоемы и необходимость ее обратной закачки в подземные «хранилища».

## ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Водородная энергетика — развивающаяся отрасль энергетики, направление выработки и потребления энергии человеком, основанное на использовании водорода в качестве средства для аккумулирования, транспортировки и потребления энергии людьми, транспортной инфраструктурой и различными производственными направлениями. Водород выбран как наиболее распространенный

элемент на поверхности земли и в космосе, теплота сгорания водорода наиболее высока, а продуктом сгорания в кислороде является вода (которая вновь вводится в оборот водородной энергетики).

В свободном состоянии и при нормальных условиях водород — бесцветный газ, без запаха и вкуса. Относительно воздуха водород имеет плотность 1/14. Он обычно и существует в комбинации с другими элементами, например, кислорода в воде, углерода в метане и в органических соединениях. Поскольку водород химически

чрезвычайно активен, он редко присутствует как несвязанный элемент.

Охлажденный до жидкого состояния водород занимает 1/700 объема газообразного состояния. Водород при соединении с кислородом имеет самое высокое содержание энергии на единицу массы: 120.7 ГДж/т. Это — одна из причин, почему жидкий водород используется как топливо для ракет и энергетики космического корабля, для которой малая молекулярная масса и высокое удельное энергосодержание водорода имеют первостепенное значение.

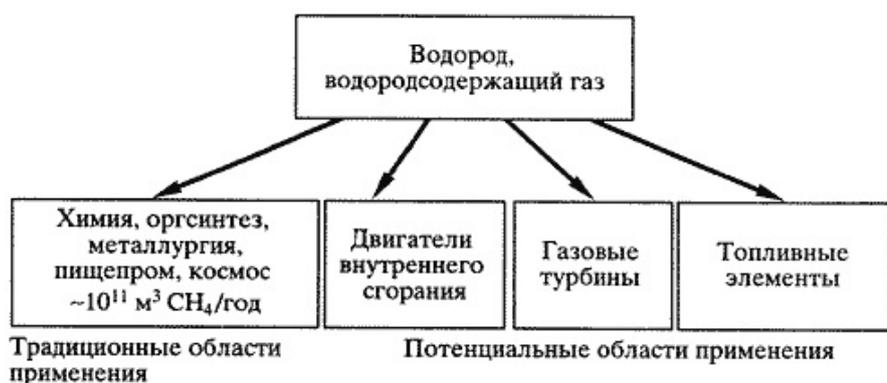


Рис. 13. Области применения водорода и водородсодержащего газ

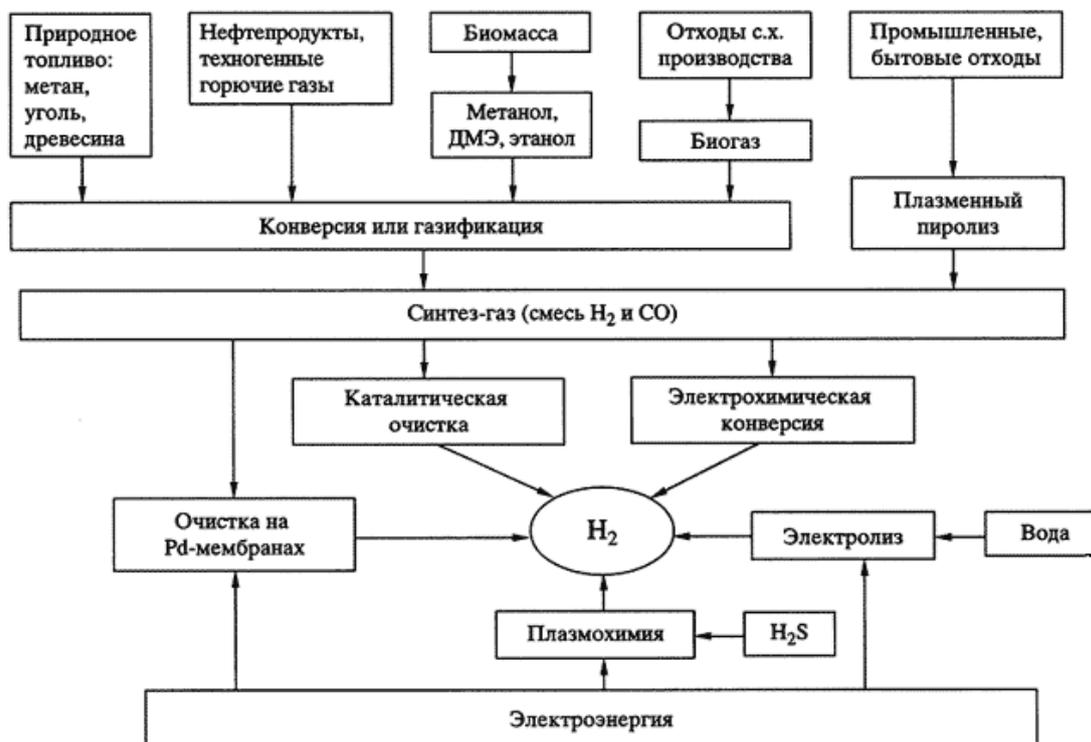


Рис. 14. Источники и пути получения водорода

Добавление водорода к обычному топливу двигателей внутреннего сгорания и газовых турбин приводит к увеличению КПД и уменьшению уровня вредных выбросов.

Запасы водорода, связанного в органическом веществе и в воде, практически неисчерпаемы. Разрыв этих связей позволяет производить водород и затем использовать его как топливо. Разработаны многочисленные процессы по разложению воды на составные элементы.

Одним из источников производства водорода является природное топливо: метан, уголь, древесина и т.д. При взаимодействии топлива с парами воды или воздухом образуется синтез-газ - смесь CO и H<sub>2</sub> (рис. 14). Из нее затем выделяется водород. Другой источник - отходы сельскохозяйственного производства, из которых получают биогаз, а затем - синтез-газ. Промышленно-бытовые отходы тоже используются для производства синтез-газа, что способствует одновременно и решению экологических проблем, в плане их утилизации. В конечном счете, образуются углекислый газ, водород и окись углерода.

Водород можно получать также электролизом воды, то есть разложением ее под воздействием электрического тока. Электролитический водород является наиболее доступным, но дорогим продуктом. В промышленных и опытно-промышленных установках реализован КПД электролизера ~ 70-80% при плотностях тока менее 1 А/см<sup>2</sup>, в том числе для электролиза под давлением. Японские исследователи разработали экспериментальные мембранно-электродные блоки с твердополимерным электролитом, обеспечивающие электролиз воды с КПД (по электричеству) > 90% при плотностях тока 3 А/см<sup>2</sup>.

Очень важным элементом при преобразовании газа, содержащего водород, является очистка газа на палладиевых мембранах. В конечном счете получается чистый водород.

Так как водород – это взрывоопасный газ, то особое место в его использовании занимает вопрос хранения. Самый эффективный из них - это баллоны. Если баллон выдерживает 300 атмосфер, то в нем можно хранить 13% (масс) водорода; 500 атм. - 11%. В США разработаны баллоны, рассчитанные на 700 атм. Они хранят 9% водорода. Удобно хранить водород в сжиженном состоянии. Хорошие способы его

хранения - адсорбция водорода в гидридах металлов (порядка 3%) и в интерметаллидах (до 5%). Есть идеи и проводятся уже эксперименты по таким способам хранения водорода, как углеродные наноматериалы, нанотрубки и стеклянные микросферы.

В Европе в конце XIX столетия сжигали топливо, называемое «городской, или синтез-газ» — смесь водорода и монооксида углерода (CO). Несколько стран, включая Бразилию и Германию, кое-где все еще применяют это топливо. Применяли водород и для перемещения по воздуху (дирижабли и воздушные шары), начиная с первого полета во Франции 27 августа 1784 г. Жака Шарля на воздушном шаре, наполненном водородом. В настоящее время многие отрасли промышленности используют водород для очистки нефти и для синтеза аммиака и метанола. Американская космическая система «Шаттл» использовала водород как топливо для блоков разгона. Водород применяется и для запуска ракеты-носителя «Энергия».

Сейчас наблюдается новый всплеск интереса к масштабной атомно-водородной энергетике, основным инициатором которого явились автомобилестроительные гиганты. Водород имеет много преимуществ в качестве топлива для транспортных средств и автомобильная промышленность активно включилась в его использование. Автомашин и камеры сгорания летательных аппаратов сравнительно легко конвертируются на применение водорода в качестве топлива. Первые созданные образцы использовали водород в баллонах. Затем появились автомобили с водородом, химически связанным в метиловом спирте (метаноле). В 2002 г. продемонстрированы первые варианты машин, в которых водород генерируется из бензина.

Первый автомобиль на топливных элементах был показан компанией Daimler-Benz в 1994 г. К 2000 г. был готов улучшенный образец NECAR-4, намеченный к опытному выпуску с 2004 г. Топливные элементы и бак, содержащий 100 л жидкого водорода, расположены под полом, что обеспечивает достаточное пространство в салоне для пассажиров и багажа. Мощность электромотора — 74 л.с., максимальная скорость — 160 км/ч, запас хода — 450 км. Движение начинается сразу после нажатия на педаль акселератора. 90% максимальной мощности двигателя достигается за две секунды. Автомобиль с

топливными. элементами имеет динамику, сопоставимую с машинами, оснащенными бензиновыми или дизельными моторами.

Итак, водород – хорошая замена сегодняшним видам топлива. До недавнего времени использующийся лишь в космической сфере, сегодня, в век нависающей над человечеством экологической катастрофы и энергетического кризиса, он стал активно внедряться в жизнь как источник чистой энергии.

Понятие «биомасса» относят к веществам растительного или животного происхождения, а также отходам, получаемым в результате их переработки. В энергетических целях энергию биомассы используют двояко: путем непосредственного сжигания или путем переработки в топливо (спирт или биогаз).

Есть два основных направления получения топлива из биомассы: с помощью термохимических процессов или путем биотехнологической переработки. Опыт показывает, что наиболее перспективна биотехнологическая переработка органического вещества. В середине 80-х годов в разных странах действовали промышленные установки по производству топлива из биомассы. Наиболее широкое распространение получило производство спирта.

Одно из наиболее перспективных направлений энергетического использования биомассы – производство из неё биогаза, состоящего на 50-80% из метана и на 20-50% из углекислоты. Его теплотворная способность – 5-6 тыс. ккал/м<sup>3</sup>.

Наиболее эффективно производство биогаза из навоза. Из одной тонны его можно получить 10-12 м<sup>3</sup> метана. А, например, переработка 100 млн. тонн такого отхода полеводства, как солома злаковых культур, может дать около 20 млрд. м<sup>3</sup> метана. В хлопкосеющих районах ежегодно остается 8-9 млн. тонн стеблей хлопчатника, из которых можно получить до 2 млрд. м<sup>3</sup> метана. Для тех же целей возможна утилизация ботвы культурных растений, трав и др.

Биогаз можно конвертировать в тепловую и электрическую энергию, использовать в двигателях внутреннего сгорания для получения синтез-газа и искусственного бензина.

Производство биогаза из органических отходов дает возможность решать одновременно три задачи: энергетическую,

агрохимическую (получение удобрений типа нитрофоски) и экологическую. Установки по производству биогаза размещают, как правило, в районе крупных городов, центров переработки сельскохозяйственного сырья.

Одним из наиболее необычных видов использования отходов человеческой деятельности является получение электроэнергии из мусора. Проблема городских свалок стала одной из наиболее актуальных проблем современных мегаполисов. Но, оказывается, их можно еще использовать для производства электроэнергии. Разлагаясь на свалках, мусор выделяет газ, 50-55 % которого приходится на метан, а 45-50% - на углекислый газ и около одного процента - на другие соединения. Если раньше выделяемый газ просто отравлял воздух, то теперь в его начинают использовать в качестве горючего в двигателях внутреннего сгорания с целью выработки электроэнергии. Только в мае 1993 года 114 электростанций, работающих на газе от свалок, произвели 344 МДж электроэнергии. Самая крупная из них, в городе Уиттиер, производит за год 50 МДж. Станция мощностью 12 МВт способна удовлетворить потребность в электроэнергии жителей 20 000 домов. По подсчетам специалистов, газа на свалках хватит для работы небольших станций на 30-50 лет. При наличии эффективной технологии мы могли бы сократить количество мусорных “курганов”, а заодно значительно пополнить и восполнить запасы энергии, благо “дефицита сырья” для ее производства не предвидится.

**Вывод:** в обозримом будущем природное топливо по-прежнему будет важным источником энергии. Однако природные ресурсы ограничены, и, в конце концов, человечество будет вынуждено перейти на использование альтернативных видов энергии, о чем с незапамятных времен мечтают защитники окружающей среды.

Теоретически, каждое предприятие, здание, жилой дом и автомобиль может иметь свой собственный экологически чистый, возобновляемый источник энергии, что позволит человечеству обходиться без нефтяных скважин, угольных шахт, электростанций, линий электропередачи и избавиться, таким образом, от всех негативных последствий их использования. Однако на данный момент перед человечеством стоит более неотложная задача: остановить

перегревание планеты и сделать это как можно быстрее. Благодаря автомобилям с топливными элементами, более совершенным ветровым турбинам и солнечным элементам, и другим описанным в данном реферате проектам, внедрение которых уже становится реальностью, угроза глобального потепления кажется теперь не столь устрашающей, какой она представлялась еще несколько лет назад.

#### Л и т е р а т у р а

1. Байерс Т.20 конструкций с солнечными элементами: учебник. - М.: Мир, 1988. – 197 с.
2. Пустовалова Л.М. Общая химия: учебник/ Л.М. Пустовалова, И.Е. Никанорова. - Ростов-на-Дону, Феникс, 2005. – 478 с.
3. Сюнроку Танака Жилые дома с автономным теплообеспечением: учебное пособие / Танака Сюнроку, Суда Рейдзи. - М.: Стройиздат, 1989. – 225 с.
4. Шефтер И.Я. Использование энергии ветра: учебное пособие. - М.: Энергия, 1975. – 247 с.
5. Поедем на биотопливе // Экология и жизнь. - 2006. - 5 (54). - С.63
6. Хлопоты вокруг выхлопов // Экология и жизнь. - 2006. - 2 (51). - С.49-50. Бесплатно скачать реферат "Альтернативные источники энергии" в полном объеме

**Андрийчук Н.Д., Богатырёва Л.Ю.**  
**Енергоресурси – складова частина життєзабезпечення людського суспільства**

*Енергоозброєність суспільства – основа його науково-технічного прогресу, база розвитку продуктивних сил. Її відповідність суспільним потребам – найважливіший фактор економічного*

*зростання. Розвивається світове господарство вимагає постійного нарощування енергоозброєності виробництва. Вона повинна бути надійна і з розрахунком на віддалену перспективу.*

**Ключові слова:** енергоресурси, нетрадиційні форми енергії, геліостат, фотоелектричний ефект, вітроагрегат, геотермальна енергетика.

**Andriychuk N.D., Bogatyreva L.Y. The energy component of the sustenance of human society**

*Power companies – the basis of his scientific and technical progress, the development of the productive forces. In accordance with social needs is the most important factor of economic growth. Growing world economy requires constant increase of installed power production. It needs to be reliable and is based on the long term.*

**Key words:** energy resources, alternative forms of energy, heliostat, solar effect, wind turbines, geothermal energy.

**Андрийчук Николай Данилович**, доктор технических наук, профессор. Профессор кафедры Вентиляции, теплогазо- и водоснабжения Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Луганского государственного университета имени Владимира Даля.

**Богатырёва Любовь Юрьевна**, ассистент кафедры Городского и промышленного строительства. Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Луганского государственного университета имени Владимира Даля.

УДК 628.47+625.855.1

## ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОМ И ИЗВЕСТНЯКОВОМ МИНЕРАЛЬНОМ ПОРОШКАХ ИЗ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ПОКРЫТИЯ ОТ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОКРЫТИЯ

Бизирка И.И.

## DEPENDENCE OF PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETE ON ORGANIC-MINERAL AND TO THE LIMESTONE MINERAL POWDERS FROM THE OVERHEAD LAYER OF COVERAGE FROM THE TERMS OF EXPLOITATION OF COVERAGE

Bizirka I.I.

*Исследованы основные физико-механические свойства асфальтобетона на органо-минеральном порошке и известняковом минеральном порошке испытанные на различных сроках эксплуатации.*

**Ключевые слова:** осадки сточных вод, органо-минеральный порошок, утилизация, асфальтобетон.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Для кардинального решения проблем экологии и снижения ресурсоемкости производства необходимо обеспечить кругооборот сырья, утилизировать вторичные ресурсы. Это обусловлено, прежде всего, огромными объемами накопленных (депонированных) отходов ОСВ (в Луганской области свыше 200 тыс. т, в Украине около 500 млн т [2, 3, 5]).

Битум и минеральный порошок – основные структурообразующие компоненты асфальтобетона - определяют его свойства и являются достаточно дефицитными материалами. Все дорожные покрытия подвергаются воздействию климатических и эксплуатационных факторов. В результате износа покрытий появляются выбоины, трещины, выкрашивания, колеи и т.п. На ремонт и содержание дорог в стране расходуется более 60% всех потребляемых органических вяжущих и минеральных материалов. Поэтому задачей материаловедения является ресурсосбережение как основной источник материального обеспечения дорожного строительства.

Такие органо-минеральные смеси, достаточно сложные по составу, с успехом могут применяться в составах экологически чистых дорожных покрытий, характеризующихся повышенной стойкостью и долговечностью [3, 4].

**Анализ последних достижений и публикаций.** Наиболее полно вопрос утилизации ОСВ в асфальтобетон освещен в работе [1]. В ней показана возможность использования этого органо-минерального отхода в качестве компонента асфальтобетона. При замене минерального порошка на органо-минеральный порошок получается асфальтобетон с высокими физико-механическими свойствами.

**Цель работы.** Изучить физико-механические свойства асфальтобетона на органо-минеральном порошке (ОМП) и известняковом минеральном порошке (ИМП) в зависимости от сроков эксплуатации дорожного покрытия.

**Материалы и методики исследований.** При устройстве верхнего слоя покрытия автомобильной дороги использовали горячие мелкозернистые асфальтобетоны типа Б, I марки следующих составов: левая полоса - гранитный щебень Караньского карьера – 25%, отсев дробления гранита – 70%, известняковый минеральный порошок – 5%, битум БНД 60/90 Лисичанского НПЗ – 6,5%; правая полоса - гранитный щебень Караньского карьера – 25%,

отсев дробления гранита – 70%, ОМП – 5%, битум БНД 60/90 Лисичанского НПЗ – 6,5%.

Исследовали: свойства асфальтобетона на основе битума с добавками: минерального порошка, органо-минерального порошка (ОСВ).

#### Результаты и их обсуждение.

В период с сентября по октябрь 2010г с использованием осадка сточных вод г. Луганска в качестве органо-минерального порошка, гранитного щебня и отсева его дробления (Караньский карьер) была выполнена реконструкция городской улицы им. Малютина в г. Антраците Луганской области (рис. 1).

При этом на участке автомобильной дороги по улице Малютина длиной 250м и шириной 6м были выделены два опытных участка 250\*3м – левая полоса дороги была выполненной смесью

асфальтобетоне с традиционным известняковым минеральным порошком, а правая – на асфальтобетоне с ОМП, за которым установлены систематические наблюдения. Толщина покрытия составила 6см.

Подбор составов асфальтобетонных смесей производились в соответствии с ДСТУ Б В.2.7-119-2011.

Исследованиями определялись: из вырубок - средняя плотность, кг/м<sup>3</sup>; водонасыщение, % по объему; набухание, % по объему; коэффициент уплотнения; из переформованных образцов - средняя плотность, кг/м<sup>3</sup>; водонасыщение, % по объему; набухание, % по объему; предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 20<sup>0</sup>С, 50<sup>0</sup>С, 20<sup>0</sup>С водонасыщении; коэффициент уплотнения.



Рис. 1 Экспериментальная городская улица г. Антрацит

Т а б л и ц а 1

#### Зависимость свойств асфальтобетона на ОМП из верхнего слоя покрытия от сроков эксплуатации покрытия взятых из вырубок

Сроки взятия пробы	Вырубки			
	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водонасыщение, % по объему	Набухание, % по объему	Коэффициент уплотнения
10 дней	2360	3,2	0,30	0,99
1 год	2370	2,4	0,28	0,99
2 год	2375	2,2	0,25	0,99

Т а б л и ц а 2

#### Зависимость свойств асфальтобетона на ОМП из верхнего слоя покрытия от сроков эксплуатации покрытия взятых из переформованных образцов

Сроки взятия пробы	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водонасыщение, % по объему	Набухание, % по объему	Переформованные образцы			Коэффициент водостойкости
				Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре			
				20 <sup>0</sup> С	50 <sup>0</sup> С	20 <sup>0</sup> С водонасыщен.	
из смесителя	2350	2,4	0,18	3,5	2,3	3,3	0,93
10 дней	2380	2,5	0,18	3,7	2,3	3,4	0,93
1 год	2390	2,6	0,21	3,8	2,4	3,4	0,90
2 год	2400	2,8	0,21	4,1	2,6	3,6	0,87

Т а б л и ц а 3

**Зависимость свойств асфальтобетона на ИМП из верхнего слоя покрытия от сроков эксплуатации покрытия взятых из вырубок**

Сроки взятия пробы	Вырубки			
	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водонасыщение, % по объему	Набухание, % по объему	Коэффициент уплотнения
10 дней	2335	3,4	0,60	0,99
1 год	2350	3,0	0,50	0,99
2 год	2370	2,8	0,47	0,99

Т а б л и ц а 4

**Зависимость свойств асфальтобетона на ИМП из верхнего слоя покрытия от сроков эксплуатации покрытия взятых из перереформованных образцов**

Сроки взятия пробы	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водонасыщение, % по объему	Набухание, % по объему	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре			Коэффициент водостойкости
				20 <sup>0</sup> С			
				20 <sup>0</sup> С	50 <sup>0</sup> С	20 <sup>0</sup> С водонасыщен.	
из смеси-теля	2340	6,5	0,38	3,3	1,2	2,8	0,9
10 дней	2350	2,6	0,42	3,5	1,1	3,0	0,96
1 год	2375	2,8	0,53	3,6	1,2	3,0	0,88
2 год	2400	3,1	0,55	3,8	1,3	3,1	0,85

**Выводы**

1. При устройстве экспериментального дорожного покрытия по ул. Малютина в г. Антрацит использована асфальтобетонная смесь с использованием органо-минерального и известнякового минеральных порошков.

2. Двухлетние наблюдения за опытным участком покрытия подтвердили его высокое качество по физико-механическим показателям превосходящее аналог.

3. Асфальтобетон с органо-минеральным порошком повышает долговечность дорожного полотна в условиях повышенных летних температур.

**Л и т е р а т у р а**

1. Бреус Р.В. Зниження об'ємів накопичених відходів водоочищення – осадів стічних вод, шляхом їх утилізації в асфальтобетон: Автореф. дис. к.т.н., Харків: УНДІЕП, 2007. – 21с.

2. Дрозд Г.Я. Предложения по вовлечению депонированных осадков сточных вод в хозяйственный оборот: Материалы Международного конгресса "ЭТЭВК - 2009", - Ялта, 2009. – с. 230-242.

3. Дрозд Г.Я., Бреус Р.В. Утилизация осадков сточных вод в дорожном строительстве // Вісті автомобільно-дорожнього інституту. - №1 (8). - 2009. – Горлівка: ДНТУ. – с. 186-193.

4. Симонов А.Д., Языков Н.А., Трачук А.В., Яковлев В.А. Сжигание осадков сточных вод коммунального хозяйства в псевдоожиженом слое катализатора // Альтернативная энергетика и экология. - №6 (86). - 2010. – с. 61-66.

5. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – Москва: АСВ, 2004. – 704с.

**Бізірка І.І. Залежність властивостей асфальтобетону на органо-минеральному і вапняковому мінеральних порошках з верхнього шару покриття від термінів експлуатації покриття**

*Досліджені основні фізико-механічні властивості асфальтобетону на органо-минеральному порошку і вапняковому мінеральному порошку випробувані на різних термінах експлуатації.*

**Ключові слова:** осад стічних вод, органо-минеральний порошок, утилізація, асфальтобетон.

**Bizirka I.I. Dependence of properties of asphalt concrete on organic-mineral and to the limestone mineral powders from the overhead layer of coverage from the terms of exploitation of coverage**

*Basic physic-mechanical properties of asphalt concrete are probed on organic-mineral powder and limestone mineral powder tested on the different terms of exploitation.*

**Keywords:** sediment of flow waters, organic-mineral powder, utilization, asphalt concrete.

**Бизирка Ирина Ивановна**, ассистент кафедры городского и промышленного строительства. Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства. Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

УДК 628.47+625.855.2

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА В ПРОИЗВОДСТВЕ ДОРОЖНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Бизирка И.И.

## TO RECOMMENDATION ON THE USE OF PRECIPITATIONS OF SEWAGES AS ORGANIC-MINERAL POWDER IN THE PRODUCTION OF TRAVELLING ASPHALT CONCRE MIXTURES

Bizirka I.I.

*В «Рекомендациях» изложены требования к материалам, технологии приготовления органо-минерального порошка из ОСВ, указаны технологические режимы производства, укладки и уплотнения асфальтобетонных смесей.*

**Ключевые слова:** рекомендации, осадки сточных вод, утилизация, асфальтобетон.

**Общие положения.** Асфальтобетон – это искусственный строительный материал, получаемый уплотнением перемешанной до однородного состояния при температуре 150-160<sup>0</sup>С смеси вяжущего, щебня, искусственного песка и органо-минерального порошка из осадков сточных вод [2, 4].

Органо-минеральный порошок образуется в процессе сушки и измельчения депонированного (не менее 7 лет) осадка сточных вод и представляет собой серый порошок [1, 3, 5].

Для асфальтового вяжущего применяют дорожный битум по ДСТУ 4044-2001.

Минеральные материалы, предназначенные для приготовления асфальтобетонных смесей должны соответствовать требованиям ДСТУ Б В.2.7-119:2011.

**Технология приготовления органо-минерального порошка из осадков сточных вод.**

Для эффективного использования осадка в качестве органо-минерального порошка, необходимо проведение ряда подготовительных операций. Учитывая требования к влажности и фракционному

составу, предъявляемые к традиционному минеральному порошку, исходное сырьё должно быть подвержено сушке и измельчению до необходимой фракции. Проведение таких операций целесообразно непосредственно на самих очистных сооружениях, вблизи к территориям, занятыми под отвалы.

На рис. 1 представлена технологическая схема подготовки осадка сточных вод к утилизации.

1) Исходное сырьё.

После прохождения цикла очистки сточных вод, образовавшийся осадок сбрасывается на иловые площадки, где согласно технологии, предусмотренной на очистных сооружениях, выдерживается не менее семи лет с целью минерализации и достижения влажности менее 70%. Затем иловые площадки освобождаются и осадок транспортируется в отвалы, где под действием внешних факторов в нем продолжают процессы обезвоживания и минерализации. Осадок в отвалах, с влажностью в зависимости от погодных условий 18÷40%, разрабатывается, с предварительным снятием верхнего слоя, погрузчиком или экскаватором с погрузкой в автосамосвалы, на которых доставляется к месту дальнейшего технологического передела. При этом расстояние доставки будет зависеть от мест расположения отвалов до места, где будут проходить подготовительные процессы.

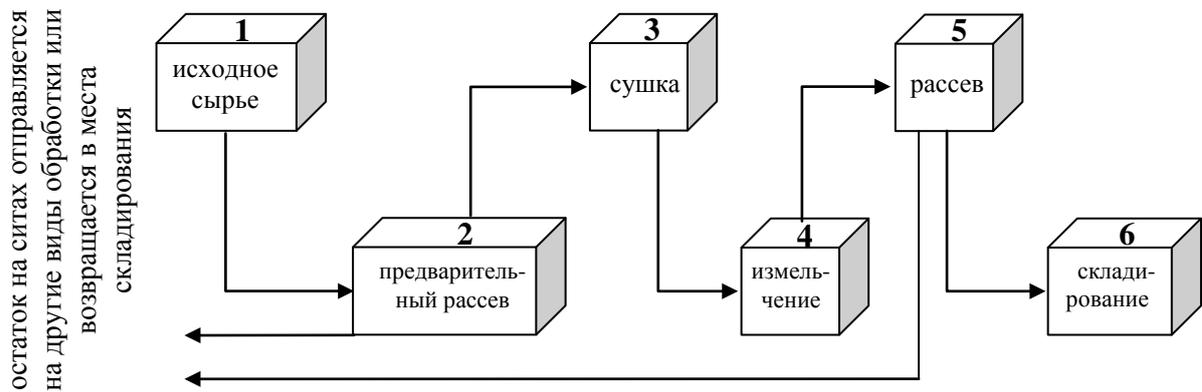


Рис. 1. Предлагаемая технологическая схема по подготовке ОСВ к утилизации в дорожном строительстве

## 2) Предварительный рассев.

Необходимо для удаления посторонних примесей (остатки мусора, растений и пр.) и одновременно для разрыхления комков. Предварительный рассев осадка предлагается осуществлять грохочением через сито с размером ячеек 5мм. Типы грохота, различающиеся по расположению рабочих поверхностей и характеру движения просеивающей поверхности, значения не имеют. Производительность грохотов во всех случаях будет зависеть от высоты слоя материала и скорости его движения, которая в свою очередь, зависит от угла наклона грохота, частоты и амплитуды колебания сита. Рабочая просеивающая поверхность может быть изготовлена в виде проволочных сеток (сит), отдельных полос (колосники), стальных листов со штампованными отверстиями (решета). Остаток на сите отправляется на другие виды обработки или временно складировается на освобожденные от отвалов территории до достижения необходимых для этого кондиций.

## 3) Сушка.

Для дальнейшего использования осадков, необходимо высушивание полученного после предварительного отсева материала.

На практике используется множество технологий и устройств для сушки влажных материалов, в том числе осадков сточных вод, термическим способом, где в качестве сушильного агента используются: перегретый пар, горячий воздух, топочные газы. Однако все способы сушки имеют ряд недостатков: значительные энергозатраты; выжигание органических составляющих; и загрязнение воздушного бассейна газообразными токсичными компонентами.

Исходя из вышеизложенного, представляет интерес создание более простого и экологически чистого способа сушки осадка сточных вод. Таким представляется процесс естественной сушки осадка в специальных условиях.

Специальными условиями являются: ограждение материала от последующего увлажнения, расстилание на непроницаемой поверхности определенным слоем, обеспечение хорошей естественной вентиляции. Для удовлетворения этих условий, необходимо соорудить сооружение, в качестве которого могут устраиваться навесы, металлические ангары и пр., либо приспособлять существующие неиспользуемые объекты на территории очистных сооружений. Кроме удовлетворения условий, при данном способе, процесс обезвоживания материала будет проходить интенсивней под действием повышенной температуры внутри сооружения, вследствие его нагревания от солнечного воздействия в весенне-летне-осенний период. Для ускорения процесса материал предлагается рассыпать слоем толщиной 0,1-0,4м и периодически производить рыхление, которое может осуществляться рыхлителем, прицепленному к трактору.

## 4) Измельчение.

Для получения из осадка порошкообразного материала, соответствующего по фракционному составу минеральному порошку с содержанием частиц размером 0,071 мм не менее 40%, требуется проведение

Учитывая размер исходных частиц поступающих на механоактивацию, а также размер частиц требуемых после его прохождения, необходимо тонкое измельчение.

Наиболее подходящим способом, используемым в промышленности для подобного вида материала, является измельчение в валковых дробилках с гладкими валками. В валковых дробилках материал измельчается способом раздавливания между валками, вращающимися навстречу друг другу.

Для выполнения этой операции можно применять валковые дробилки самой простой конструкции, т.к. частицам и мелким комочкам осадков не требуется больших усилий для их разлома. Однако, при необходимости и соответствующем технико-экономическом обосновании, возможно применение более сложного высокопроизводительного оборудования, например, тарельчато-роликовых мельниц. Тарельчато-роликовые мельницы широко применяются при помолу портландцементных сырьевых материалов и угля, обладают высокой производительностью (до 500 т/ч), простотой управления и автоматизации, низкими капитальными затратами и эксплуатационными расходами. Также в них происходит измельчение с одновременной подсушкой материала с влажностью до 15%.

#### 5) Рассев.

Дополнительный рассев является заключительным этапом подготовки осадка, проводится с целью задержки возможно не раздробленных мелкодисперсных комочков материала, для получения необходимой фракции при использовании как наполнителя в асфальтобетон, а также с целью удаления более мелких частиц мусора и растений. Производится тем же способом, что и предварительный рассев – грохочением, необходимый размер ячеек сит для получения необходимой фракции – 1,25 мм. Остаток на сите также подвергается другому виду обработки, а полученный материал отправляется на склад.

#### б) Складирование.

Складирование подготовленного к утилизации осадка означает, что из категории отходов он переходит в категорию полезного продукта – сырьевого компонента асфальтобетонной смеси.

Складирование полученного порошкообразного материала может осуществляться традиционным способом промышленного хранения путем загрузки в силосы. Однако при таком способе хранения имеет место аутогезионное взаимодействие, в

результате которого возможно слеживание материала под действием собственной массы, когда вся масса превращается в монолитное тело. В результате чего возникнет необходимость периодического перемешивания материала, что приведет к дополнительным энергетическим затратам. Наиболее целесообразно хранение в расфасованном виде в бумажных или полиэтиленовых мешках по 40-50 кг. При расфасовке в таком виде материала, также снимется проблема поиска способа его доставки на асфальтобетонный завод, облегчится производство дозирования при приготовлении смеси.

#### **Технология приготовления асфальтобетонной смеси.**

Подготовленный осадок доставляют на асфальтобетонный завод, где в дальнейшем происходит производство асфальтобетонной смеси с добавкой ОСВ в качестве наполнителя. Доставка материала осуществляется двумя способами: в цементовозах, если условием складирования готового порошка ОСВ принята загрузка в силосы, и любым грузовым транспортом в расфасованном виде материала в полиэтиленовых или бумажных мешках.

На рис. 2 приведена схема процесса производства асфальтобетонной смеси с введением ОСВ.

Песок и щебень из агрегата питания 1 по транспортеру подают в сушильный барабан 2. Из сушильного барабана сухие, горячие наполнители попадают в элеватор 3, далее через грохот 4 в бункеры 5 и далее на непрерывные дозаторы 6, откуда элеватором 7 в смеситель непрерывного действия 8.

Линия приготовления асфальтовяжущего выглядит следующим образом: холодный органо-минеральный порошок (ОМП) из силосного склада 9 поступает в сушильный барабан 10, затем из горячего бункера 11 на дозатор непрерывного действия 12 и шнеком-питателем 13 в вибросмеситель 14. Сюда же по битумопроводу подается горячий битум 15. Выгрузка готовой смеси осуществляется ковшом 16 скипового подъемником в раздаточный бункер-накопитель 17.

Продолжительность перемешивания горячей асфальтобетонной смеси (включая и «сухое» перемешивание, 1/3 от общего времени), как при стандартном, составляет 60-75 с для мелко- и среднезернистой смесей, и 20-30 с – для крупнозернистой.

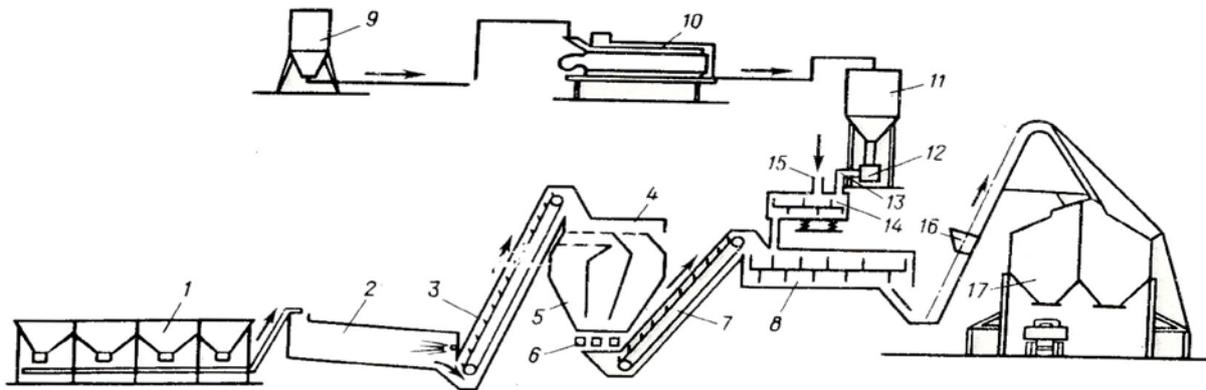


Рис. 2. Схема процесса производства асфальтобетонной смеси с введением осадка сточных вод

Смесь выгружается через отверстие, расположенное в нижней части бункера-накопителя, в автосамосвал. Температура готовой асфальтобетонной смеси, укладываемой в горячем состоянии, при выпуске из мешалки должна быть в пределах 140-150°C. В автосамосвалах асфальтобетонная смесь перевозится на объект дорожного строительства, где проходит стандартный процесс укладки на предварительно подготовленное место под дорожное полотно.

**Вывод.** Разработаны рекомендации по использованию осадков сточных вод в качестве органико-минерального порошка при производстве дорожных асфальтобетонных смесей, которые включают в себя требования к материалам, технологию приготовления органико-минерального порошка из осадков сточных вод, технологию приготовления асфальтобетонной смеси.

**Л и т е р а т у р а**

1. Бреус Р.В. Зниження об'ємів накопичених відходів водоочищення – осадів стічних вод, шляхом їх утилізації в асфальтобетон: Автореф. дис. к.т.н., Харків: УНДІЕП, 2007. – 21с.
2. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – Москва: АСВ, 2004. – 704с
3. Дрозд Г.Я. Предложения по вовлечению депонированных осадков сточных вод в хозяйственный оборот: Материалы Международного конгресса "ЭТЭВК - 2009", - Ялта, 2009. – с. 230-242.
4. Симонов А.Д., Языков Н.А., Трачук А.В., Яковлев В.А. Сжигание осадков сточных вод коммунального хозяйства в псевдоожиженном слое

катализатора // Альтернативная энергетика и экология. - №6 (86). - 2010. – с. 61-66.

5. Дрозд Г.Я., Бреус Р.В. Утилизация осадков сточных вод в дорожном строительстве // Вісті автомобільно-дорожнього інституту. - №1 (8). - 2009. – Горлівка: ДНТУ. – с. 186-193.

**Бізірка І.І. Рекомендації по використанню осадів стічних вод як органіко-мінерального порошку при виробництві дорожніх асфальтобетонних сумішей.**

У «Рекомендаціях» викладені вимоги до матеріалів, технології приготування органіко-мінерального порошку із ОСВ, вказані технологічні режими виробництва, укладання і ущільнення асфальтобетонних сумішей.

**Ключові слова:** рекомендації, осад стічних вод, утилізація, асфальтобетон.

**Bizirka I.I. To recommendation on the use of precipitations of sewages as organic-mineral powder in the production of travelling asphalt concrete mixtures.**

In «Recommendations» requirements are expounded to materials, technology of preparation of organic-mineral powder from OSV, the technological modes of production, piling and compression of asphalt concrete mixtures are indicated.

**Keywords:** recommendations, sinking of sewages, utilization, asphalt concrete.

**Бизирка Ирина Ивановна**, ассистент кафедры городского и промышленного строительства. Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства. Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

УДК 574.5

## МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Андрійчук Н.Д., Бабицкий Э.О.

## METHODS OF WATER PURIFICATION

Andriychuk N.D. Babitsky E. O.

*Человек не может без воды так же, как и без воздуха. Учитывая это, можно с уверенностью сказать, что качество потребляемой воды влияет на состояние здоровья человека. Качество питьевой воды определяется следующей формулировкой: питьевая вода – это вода, которая по своему химическому и микробиологическому составу, а также по органолептическим свойствам соответствует всем установленным правилам и нормам и полностью безопасна для жизни и здоровья человека.*

**Ключевые слова:** гербициды, полихлоринатные бифенилы, дистилляция, ионообменные фильтры.

В городах предусмотрена централизованная очистка воды от примесей, а также обработка ее хлором. Но, несмотря на все очистные мероприятия и контроль со стороны санитарно-эпидемиологических служб, качество водопроводной воды далеко не идеально. Более того, люди традиционно отдают предпочтение родникам, артезианским скважинам, колодцам, не понимая того, что в условиях нынешней экологии пить неочищенную воду опасно для здоровья.

В зависимости от типа загрязнения воды применяется тот или иной метод ее очистки. Один из самых старых и самых дешевых способов очистки воды – это фильтрование. В большинстве угольных фильтров используется активированный уголь. Вода легко проходит через фильтр с активированным углем, который обладает большой площадью поверхности пор (до 1000 м<sup>2</sup>/г), в которых происходит адсорбция загрязняющих веществ. Активированный уголь используется как в форме твердых блоков, так и в гранулированной форме. Через твердый блок вода проходит дольше, что делает подобные фильтры более эффективными в поглощении загрязнений. Фильтры с активированным углем

лучше всего подходят для удаления таких загрязнителей, как инсектициды, гербициды и полихлоринатные бифенилы. Они могут также удалять многие промышленные химикаты и хлор.

Достоинства угольных фильтров:

- отлично удаляет пестициды и хлор;
- очищают от паразитов и физических примесей;
- легко чистятся;
- бюджетные.

Но активированный уголь не удаляет большинство неорганических химических веществ, растворенных тяжелых металлов (например, свинца) или биологические загрязнения. Угольные фильтры представляют собой отличную среду для размножения бактерий. Если вода не подвергалась обработке хлором, озоном или другим способам бактерицидной защиты перед фильтрацией, то бактерии из воды оседают в фильтре и будут там размножаться, загрязняя проходящую через него воду.

Недостатки угольных фильтров:

- не удаляют бактерии;
- недолговечны.

Фильтры бывают керамическими. Вода проходит через очень мелкие поры в керамическом материале. Такие фильтры легко удаляют из воды ржавчину, грязь, паразитов, таких как криптоспоридии (*Cryptosporidium*) и лямблии (*Giardia lamblia*), а также другие загрязнители. У нас распространено хлорирование, осуществляемое специальными установками на водопроводных станциях. Вода в колодце также периодически дезинфицируется активным хлором. Но хлор, регулярно поступающий в организм, отрицательно сказывается на здоровье.

Озонирование в тысячи раз более эффективный способ по сравнению с хлорированием, но при этом он ещё и не производит любых вредных побочных продуктов, которые появляются при хлорировании.

Озон (O<sub>3</sub>) отличается от обычного кислорода тем, что он содержит три атома кислорода вместо двух. Этот дополнительный атом кислорода делает озон сильным окислителем. Когда пузырьки озона проходят через воду, озон быстро и очень эффективно убивает бактерии, вирусы, водоросли и паразитов.

Недостатки озонирования:

- этот метод не позволяет удалять тяжёлые металлы, минералы и пестициды;
- озон быстро распадается на кислород и теряет свою эффективность;
- дорогой метод;
- озон является очень ядовитым веществом, поэтому работа системы должна тщательно контролироваться датчиками.

УФ-излучение является одним из немногих способов очистки, позволяющим уничтожать вирусы, что особенно важно в сельской местности, где нет других способов получения качественной воды.

Недостатки УФ-излучения:

- неэффективно против всех живых организмов;
- не способно удалять тяжёлые металлы, пестициды, другие физические загрязнители.

УФ-излучение неэффективно при удалении всех видов организмов (например, некоторых паразитов), и оно никак не влияет на содержание в воде тяжёлых металлов, пестицидов и многих других загрязняющих веществ. Чтобы излучения стало эффективно, вода должна подвергаться воздействию источника света в течение достаточного периода времени. Наконец, вода должна быть относительно прозрачной, чтобы УФ-излучение могло проникнуть через нее. Существуют ионообменные фильтры, которые действуют как умягчители воды и не оказывают никакого влияния на микроорганизмы.

Смягчение жесткой воды хорошо для стиральной машины и водонагревателя, а также при купании. Жесткая вода больше стягивает кожу, и мыло в ней хуже мылится. Однако мягкая вода не является более полезной, чем жесткая. Умягчители не очищают воду. Также используется запатентованный медно-

цинковый сплав, который содержится в фильтре в виде гранул. Молекулы меди и цинка действуют как различные полюса в батарее. При прохождении загрязненной воды через гранулы, одна часть примесей направляется в сторону цинка, другая часть примесей с противоположным зарядом направляется в сторону меди. При этом происходят окислительно-восстановительные реакции, при которых обезвреживаются потенциально опасные химические вещества.

В результате обработки хлорированной воды образуется хлористый цинк. Также подобные фильтры снижают содержание ртути, мышьяка, железа и свинца. При прохождении через фильтр в воде уничтожаются бактерии и другие организмы. Медно-цинковые системы очистки не позволяют удалять пестициды и другие органические загрязнители.

Существует система обратного осмоса, которая первоначально использовалась для опреснения морской воды. В процессе очистки вода под давлением проходит через полупроницаемую синтетическую мембрану. При благоприятных условиях данный способ фильтрации позволяет удалять от 90% до 98% тяжелых металлов, вирусов, бактерий и других организмов, органических и неорганических химических веществ.

Недостатки систем обратного осмоса:

- большое количество воды в виде отходов;
- синтетическая мембрана деградирует под воздействием хлоридов и физических загрязнителей;
- в системе могут размножаться бактерии;
- хуже работают с жесткой водой.

Дистилляция является относительно простым процессом. Вода нагревается до кипения и превращается в пар. Кипячение убивает различные бактерии и другие патогены. Полученный при кипячении пар охлаждают и получают вновь воду.

Недостатки дистилляции:

- загрязняющие вещества переносятся в некоторой степени в конденсат;
- требуется тщательный уход для обеспечения чистоты дистиллятора;
- медленный процесс;
- потребляет большое количество водопроводной воды (для охлаждения) и энергии (для нагрева).

Существует множество методов и технологий очистки воды, но не все они имеют

достаточную эффективность, поэтому необходимо применять несколько методов в комплексе в зависимости от состава воды.

Для удаления сложных загрязнений комплексно используют несколько методов. Эффективность метода очистки воды зависит от того, насколько правильно будет определен тип загрязнения. С целью больше узнать о типе и концентрации посторонних веществ в воде проводится химический и бактериологический анализ. Почти всегда в воде сразу присутствуют несколько загрязнений, поэтому используется комплекс различных методов очистки, несколько фильтров, смонтированных последовательно.

#### Л и т е р а т у р а

1. Андрийчук Н.Д., Соколов В.И., Коваленко А.А., Дядичев К.М. Пути совершенствования систем теплоснабжения [Текст] / - Луганск : [б. и.], 2003. - 244 с.
2. Бudyкина Т.А. Технология подготовки питьевой воды [Текст] : учебное пособие / Т. А. Бudyкина, П. П. Кукин, В. М. Попов. - Курск : КГТУ, 2006. - 204 с.
3. Драгинский В. Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод [Текст] / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В. Гетманцев. - М. : [б. и.], 2005. - 576 с.
4. Ивчатov А. Л. Химия воды и микробиология [Текст] : учебник / А. Л. Ивчатov, В. И. Малов. - М. : ИНФРА-М, 2006. - 218 с
5. Информационно-тематический сборник "Очистка сточных вод от взвешенных веществ и неорганических примесей" [Электронный ресурс] № 19: в 2 т. Т.1 : Оборудование для механической очистки сточных вод от взвешенных веществ. - [М.] : Глобус, 2006.

#### **Андрийчук Н.Д., Бабицкий Е.О. Методи очищення води.**

*Людина не може без води так само, як і без повітря. Враховуючи це, можна з упевненістю сказати, що якість споживаної води впливає на стан здоров'я людини. Якість питної води визначається наступним формулюванням: питна вода – це вода, яка по своєму хімічному та мікробіологічному складу, а також за органолептичними властивостями відповідає всім встановленим правилам і нормам і повністю безпечна для життя і здоров'я людини.*

**Ключові слова:** гербіциди, поліхлоринатні біфеніли, дистиляція, іонообмінні фільтри.

#### **Andriychuk N.D. Babitsky E.O. Methods of water purification.**

*Man can not live without water just like without air. Given this, it is safe to say that the quality of water consumed affects human health. The quality of drinking water is determined by the following: potable water is water which, by its chemical and microbiological composition and organoleptic properties meets all established rules and regulations and is completely safe for life and health.*

**Key words:** herbicides, polychlorinated biphenyls, distillation, ion exchange filters.

**Андрийчук Николай Данилович**, доктор технических наук, профессор кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения, института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Луганского государственного университета имени Владимира Даля.

**Бабицкий Эдуард Олегович**, студент группы ТГВ 51д. Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства. Луганского государственного университета имени Владимира Даля.

УДК 621.3.051.24

## БЛАГОУСТРОЙСТВО И ОЗЕЛЕНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ

Демьяненко Т.И., Мордвина Ю.В.

### LAND IMPROVEMENT

Demyanenko Tatiana I., Mordvina Y.

*Работа посвящена актуальному вопросу озеленения территории, с целью снижения техногенной нагрузки.*

**Ключевые слова:** экологическая ситуация, благоустройство и озеленение территории.

Для всех развитых стран мира экологическая ситуация, складывающаяся в городах, а особенно в столицах, является предметом особого внимания официальных властей всех уровней, политических партий и общественных движений, средств массовой информации и широких слоев населения. Экологическая ситуация городов – «зеркало», в котором отражается уровень социально-экономического положения страны, поэтому не случайно информация об экологической ситуации в развитых странах общедоступна и занимает одно из ведущих мест в политической и общественной жизни общества.

С ростом города, развитием его промышленности, становится все более сложной проблема охраны окружающей среды, создания нормальных условий для жизни и деятельности человека. В последние десятилетия усилилось отрицательное влияние человека на окружающую среду и, в частности, на зелёные насаждения. Проблема зелёных массивов (городских парков, лесов, садов, лугов) – одна из важнейших экологических проблем в городе. Растительность, как средовосстанавливающая система, обеспечивает комфортность условий проживания людей в городе, регулирует (в определенных пределах) газовый состав воздуха и степень его загрязненности, климатические характеристики городских территорий, снижает влияние шумового фактора и является источником эстетического отдыха людей; она имеет огромное значение для человека. Поэтому антропогенное воздействие на озеленение является очень важным вопросом требующим изучения.

В настоящее время накоплен большой опыт по благоустройству и озеленению городов, создан богатый озеленительный ассортимент растений и разработана агротехника их выращивания, найдены необходимые приемы озеленения, специфичные для городов, определены способы содержания зеленых насаждений.

В целом во всем мире делаются значительные усилия по озеленению и благоустройству городского хозяйства. Повышенная загазованность и запыленность воздуха, неблагоприятные физико-механические свойства почвы, асфальтовое покрытие улиц и площадей, наличие подземных коммуникаций и сооружений в зоне корневой системы, дополнительное освещение растений в ночное время, механические повреждения и интенсивный режим использования городских насаждений населением – все это оказывает постоянное негативное влияние на жизнедеятельность растений в условиях городской среды и приводит к преждевременному отмиранию деревьев, задолго до наступления естественной старости. Немалую роль в процессе деградации природной среды и ухудшения здоровья населения играет промышленное производство, и в частности химическая отрасль, которая только по объему сброса загрязненных сточных вод занимает второе место среди промышленных производств. И здесь становится актуальным вопрос озеленения территории, с целью снижения техногенной нагрузки.

Благоустройство и озеленение населенных мест – это комплекс работ по созданию и использованию зелёных насаждений в населенных пунктах. В градостроительстве благоустройство и озеленение является составной частью общего комплекса мероприятий по планировке,

застройке населенных мест. Оно имеет огромное значение в жизни человека, оказывает огромное влияние на окружающую среду. Особенно это влияние заметно проявляется в городах.

Зеленые насаждения являются основными элементами художественного оформления населенных пунктов. Объектами озеленения называется земельный участок, на котором составляющие ландшафта (рельеф, водоемы, растения) и строительные сооружения взаимосвязаны и предназначены для удовлетворения потребностей в отдыхе на открытом воздухе.

Основа системы озеленения современного города – насаждения на жилых территориях (во дворах при группах домов, в садах жилых районов и микрорайонов), на участках школ, детских учреждений. Их дополняют насаждения общегородского и районного значения в парках культуры и отдыха, детских, спортивных и других специализированных парках, в скверах и на бульварах, на промышленных, коммунально-складских территориях, на полосах отвода земель для транспортной коммуникации, а также заповедники, санитарно-защитные и водоохранные зоны. Озеленение должно проводиться по научно обоснованным принципам и нормативам. Предусматривается равномерное размещение среди застроек садов, парков и других крупных зелёных массивов, связанных бульварами, набережными, озеленёнными полосами между собой и связанными с пригородными лесами и водоёмами в единую и непрерывную систему. Также при строительстве необходимо следить за сохранением максимального количества существующих насаждений.

Организация благоустройства и озеленения территории муниципального образования регулируется в основном муниципальными правовыми актами, которые принимаются в соответствии с градостроительным и жилищным законодательством, требованиями СНиП и иными федеральными и региональными актами. К числу актов, которые, как правило, должны приниматься органами местного самоуправления, относятся:

- Правила благоустройства и озеленения территории муниципального образования;
- Правила землепользования и застройки в муниципальном образовании;

- Положения о регулировании градостроительной деятельности на территории муниципального образования;

- Положение о паспорте наружной отделки фасадов зданий и сооружений;

- Положение о порядке установки, сдачи в эксплуатацию, учета, замены и сноса временных сооружений на территории муниципального образования;

- Паспорта благоустройства прилегающей территории и др.

Таковыми актами регулируется деятельность в отношении: организации и осуществления работ по праздничному оформлению муниципального образования; контролю за использованием, созданием и изменением объектов (элементов) благоустройства окружающей среды.

Благоустройство окружающей среды – это совокупная деятельность по благоустройству территорий муниципальных образований, изменению (реконструкции), поддержанию в надлежащем состоянии внешнего вида зданий, сооружений и объектов благоустройства, формирующая комфортную среду жизнедеятельности.

Объектами благоустройства являются различные типы открытых пространств и их окружения: парки, сады, скверы, набережные, бульвары, площади, улицы (в т.ч. пешеходные), дворы, пляжи, аквапарки и др.; внешний вид фасадов зданий и сооружений (в т.ч. временных); временные сооружения и их комплексы – торговые киоски, павильоны, стационарные лотки, мини-рынки, летние кафе, автостоянки, гаражные боксы, отдельно стоящие объекты наружной рекламы и др.

Деятельность по благоустройству и поддержанию в надлежащем состоянии территорий муниципальных образований осуществляется: муниципальными организациями, на балансе которых они находятся, за счет средств местного бюджета, а также привлечения внебюджетных средств; землепользователями в пределах границ отведенного им земельного участка за счет собственных средств; гражданами и юридическими лицами, за которыми закреплена прилегающая территория в установленном порядке. Порядок закрепления таких территорий устанавливается муниципальными правовыми актами.

Актуальность разрабатываемой темы обусловлена еще и тем, что благоустройство и

озеленение является важнейшей сферой деятельности муниципального хозяйства. Именно в этой сфере создаются те условия для населения, которые обеспечивают высокий уровень жизни. Тем самым, создаются условия для здоровой комфортной, удобной жизни как для отдельного человека по месту проживания.

Современный этап развития городского благоустройства и озеленения ставит ряд новых задач, которые невозможно решить без широкого использования достижений научно-технического прогресса, передового практического опыта, без систематического повышения квалификации кадров.

#### Л и т е р а т у р а

1. Денисов, В.Н. Благоустройство жилых территорий / В.Н. Денисов, И.Н. Половцев, Т.В. Евдокимов. – СПб. : МАНЕБ, 2004. – 98 с
2. Степановских, А.С. Прикладная экология. Охрана окружающей среды : учебник для вузов. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 751 с.
3. Хотунцев, Ю.Л. Экология экологическая безопасность : учебн. пособие для высш. пед. учеб. заведений. – 2-е изд., перераб. – М. : Издательский центр Академия, 2004. – 480 с.

УДК 625.852: 628.33.8

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ – ПУТЬ К МАЛООТХОДНЫМ ОЧИСТНЫМ СООРУЖЕНИЯМ

Дрозд Г.Я.

## NEW TECHNOLOGIES OF RECYCLING OF DEPOSITS – THE PATH TO THE LOW-WASTESEWAGE TREATMENT PLANTS

Drozd G.Y.

Выполнен анализ причин, влияющих на безотходность очистных сооружений канализации. Показано, что отсутствие эффективных технологий утилизации осадков обуславливает многоотходность этих предприятий. Приведены данные комплексных исследований физико-химического и минералогического составов депонированных осадков городских сточных вод. Предложены новые технологии их утилизации в строительной и дорожно – строительной отраслях. Приведен опыт экспериментального применения и обоснование экономической эффективности.

Дем'яненко Т.І., Мордвіна Ю.В. Благоустрій й озеленення територій.

*Робота присвячена актуальному питанню озеленення територій, з метою зниження техногенного навантаження.*

**Ключові слова:** екологічна ситуація, благоустрій та озеленення територій.

**Demyanenko Tatiana I., Mordvina Y. Land improvement**

*The work is devoted to a topical issue landscaping, to reduce the anthropogenic impact.*

**Keywords:** ecological situation improvement and landscaping of the territory.

Демьяненко Татьяна Игоревна, старший преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин. Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства. Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

Мордвина Юлия Владимировна, ассистент преподавателя кафедры общеобразовательных дисциплин. Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства. Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

**Ключевые слова:** утилизация, депонированный осадок сточных вод, технология, асфальтобетон, строительная керамика.

**Постановка проблемы.** В соответствии с действующими как в России, так и в Украине, законодательствами, предприятия, нарушающие санитарные и экологические нормы, не имеют право на существование и должны быть реконструированы или закрыты, т.е. все современные предприятия должны быть безотходными или малоотходными [1].

Парадокс, но предприятия Водоканала, осуществляющие функции жизнеобеспечения и охраны природы сами являются крупнейшими загрязнителями окружающей природной среды.

В составе Водоканалов функционируют канализационные очистные станции, основной задачей которых является очистка сточных вод с образованием крупнотоннажного отхода-осадков сточных вод (ОСВ).

Эффективность работы очистных станций исходя из критерия безотходности предприятий оценим по [1]:

$$K_6^{\Pi} = 0.33 * (K_6^{\Gamma} + K_6^{\text{Ж}} + K_6^{\text{T}})$$

где  $K_6^{\Pi}$  – коэффициент безотходности предприятия,  $K_6^{\Gamma}$ ,  $K_6^{\text{Ж}}$ ,  $K_6^{\text{T}}$  коэффициенты использования соответственно газовой, жидкой и твердой составляющей ОСВ.

По данному критерию:

$K_6^{\Pi} \geq 95\%$  соответствует безотходным технологиям;

$K_6^{\Pi} = 75-94\%$  - малоотходным технологиям;

$K_6^{\Pi} < 75\%$  - многоотходным технологиям.

Анализируя работу предприятий на предмет повышения их безотходности, отметим следующее: сегодня на практике используется только жидкая отделяемая фаза, т.е.  $K_6^{\Pi} = 33\%$  и предприятия являются многоотходными. К сожалению, в настоящее время в Украине из технологического процесса исключены метантенки, что еще более усугубило положение предприятий по их безотходности. Поэтому необходимо незамедлительно принимать решение по использованию биогаза очистных сооружений, что позволит не только повысить эффективность работы предприятий, но и частично решить энергетическую проблему.

Твердая составляющая ОСВ наглядно иллюстрирует проблему как канализационных отходов, так и эффективность работы очистных сооружений. В силу загрязненности осадков тяжелыми металлами, в Украине осуществляется практически их 100% складирование. За последние 50 лет суммарная площадь отторженных под складирование ОСВ земель приближается к 50 км<sup>2</sup> (Рис.1).



Рис.1. Размещение ОСВ

Поэтому научно обоснованное рациональное вовлечение отходов водоочистки в хозяйственный оборот с участием Водоканалов позволит существенно снизить прессинг на окружающую среду и повысить безотходность очистных сооружений.

### **Традиционные способы утилизации ОСВ**

По обобщенным данным [2,3], в странах Европы методы утилизации ОСВ распределяются в следующем порядке:

1. Складирование (около 40 %).
2. Сельскохозяйственное использование (около 31 %).
3. Сжигание (около 16 %).
4. Иные способы - (около 13 %).

Из них экономически оправданным является только сельскохозяйственное использование – все остальные являются затратными.

С экологической точки зрения прокомментируем наиболее распространенные способы утилизации ОСВ.

**Сельскохозяйственное использование.** Рискованный способ, связанный с загрязнением почвы, возможным токсикозом растений тяжелыми металлами либо с их попаданием по трофической цепи в организм животных и человека. Оправдано при создании искусственных ландшафтов или выращивания технических культур. Требует постоянного санитарно-гигиенического контроля.

**Сжигание.** Неэффективный, энергозатратный и экологически небезопасный способ уничтожения ОСВ с образованием большого количества золы, которая по свойствам поверхности частиц (кислая, с суммарным отрицательным зарядом) является не совсем хорошим сырьем для строительных материалов.

**Другие способы.** Являются экономически и энергетически затратными и вносят лишь незначительный вклад в решение проблемы канализационных отходов.

**Хранение на свалках (депонирование).** Территории, отводимые под свалки можно охарактеризовать как геопатогенные. Слабая механическая прочность слежавшихся осадков, трансформировавшихся в почво-грунты, не позволяет использовать их даже в перспективе как основание под строительство. Загрязнения в виде сорбированных на частицах, химически

не закрепленных тяжелых металлов могут мигрировать в почву, грунтовые воды и водотоки, осложняя экологическую ситуацию. Значительные количества трансформированной в ОСВ органики являются причиной возгорания свалок. В Украине из 10 объектов на 8 фиксируются пожары в летнее время с обильным выделением в атмосферу продуктов горения.

Т.к. в Европе складированные осадки составляют значительный объем, а в странах СНГ это практически единственный способ их утилизации, то разработка новых методов и технологий вовлечения их в хозяйственный оборот является крайне актуальной.

Исходя из того, что основная опасность при складировании осадков заключается в миграции из них тяжелых металлов (ТМ) в почву и водоемы, представляет интерес проанализировать основные факторы, определяющие этот процесс.

В санитарно-гигиеническом отношении опасность представляет не столько концентрация тяжелых металлов, сколько значение растворимости их солей, которая зависит от температуры, рН среды и массообменных процессов.

Поэтому с точки зрения экологической безопасности возможны следующие подходы к ограничению миграции токсичных веществ из осадков в окружающую среду (табл. 1), которые можно осуществить технически, учитывая свойства отходов.

### **Характеристика депонированных ОСВ**

Депонированные (складированные) ОСВ представляют собой почво-грунт, свойства которого кардинально отличаются от свойств «свежих» осадков. Состав «свежих» осадков характеризуется соотношением органической и минеральной составляющих примерно 80% и 20% соответственно, а состав депонированных, т.е. выдержанных на площадках складирования с течением времени меняется с точностью до наоборот. При этом происходит минерализация органических веществ с образованием новых органо-минеральных соединений. В качестве примера в табл.2,3 приведен химический состав ОСВ, хранившихся на площадках складирования СБО г. Луганска в течении 3 лет (тип I) и более 10 лет (тип II).

Т а б л и ц а 1

**Способы ограничения миграции ТМ из ОСВ**

- пассивация тяжелых металлов – повышение щелочности осадков для снижения растворимости металлов;
- изоляция частиц осадка водонепроницаемыми пленками;
- максимальное уплотнение осадков для снижения выщелачивания токсичных веществ, уменьшение фильтрационных и диффузионных процессов;
- увеличение химической стойкости путем спекания и остекловывания частиц осадка;
- предотвращение увлажнения;
- комплексные мероприятия по изоляции осадков от окружающей среды.

Т а б л и ц а 2

**Характеристика твердого вещества осадков, %**

Вид осадка	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п.п.п.
Тип I	14,0	4,41	3,47	0,25	0,39	9,18	3,44	0,52	0,58	3,24	61,1
Тип II	46,30	10,05	9,25	0,40	1,94	6,10	1,84	0,95	0,80	1,60	21,1

Т а б л и ц а 3

**Содержание в осадке тяжелых металлов, мг/кг (г/т)**

Осадок СБО (г.Луганск)	Hg	Pb	Cu	Mn	Ni	Cr	Co	Cd	Zn
Тип I	1,8	111	277	358	391	214	7,7	57	611
Тип II	7,2	215	1000	1115	1220	2416	48	135	2320
ПДК в почве	2,1	32,0	3,0	1500,0	4,0	6,0	5,0	4,0	23,0

Т а б л и ц а 4

За время хранения в осадке почти в 3 раза уменьшилось количество органики (по п.п.п.) и увеличилась минерализация (рост SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO и проч.). Снижение концентрации ТМ в сравнительно «молодых» осадках объясняется уменьшением в последнее время вклада стоков от промпредприятий в связи с экономическим кризисом.

Депонированные осадки в естественном состоянии на площадках складирования имеют темно-бурый цвет, характеризуются естественной влажностью 18-40%, с реакцией солевой вытяжки рН=7,15-7,55. В высушенном при 105°С состоянии осадки имеют показатели истинной и насыпной плотности, приведенные в табл.4.

Сухие осадки – полидисперсная система с содержанием частиц различных фракций, в пределах, приведенных в табл.5.

**Плотность ОСВ, кг/м<sup>3</sup>**

Тип осадка	Плотность истинная	Плотность насыпная
Тип I	1,89	0,74
Тип II	2,31	0,75

Т а б л и ц а 5.

**Содержание частиц в ОСВ по фракциям**

Размер фракций, мм	Количество, %
>50	0,15-0,5
50-0,1	2,45-46,15
0,1-0,05	0,21-41,44
0,05-0,01	15,81-55,6
0,01-0,005	0,88-25,29
<0,005	4,42-25,08

Твердая фаза ОСВ состоит из минеральной и органоминеральной составляющих с включением тяжелых металлов.

По данным рентгенофазового анализа, минеральная часть осадков представлена преимущественно алюмосиликатами: монтмориллонит-  $(Ca, Mn, Na...)(Al, Mg)_2 \times (OH)_2 [(Si, Al)_4 O_{10}] \times nH_2O$ , каолинит -  $Al_4(OH)_8 [Si_4 O_{10}]$ , гидрослюда  $(Ca, Mg...)(Mg,$

$Fe^{2+}) \times (OH)_2 [(Si, Al)_4 O_{10}] \times 4H_2O$ , карбонатами -  $CaCO_3$ , кварцем, кремнеземом[5].

Таким образом, минеральная часть органоминеральной почвы представлена амфотерными и кристаллическими фазами и органоминеральными включениями. Это обуславливает ее морфологическое отличие от других видов почв. На рис.2 приведены микрофотографии депонированных осадков в разных фазах их складирования.

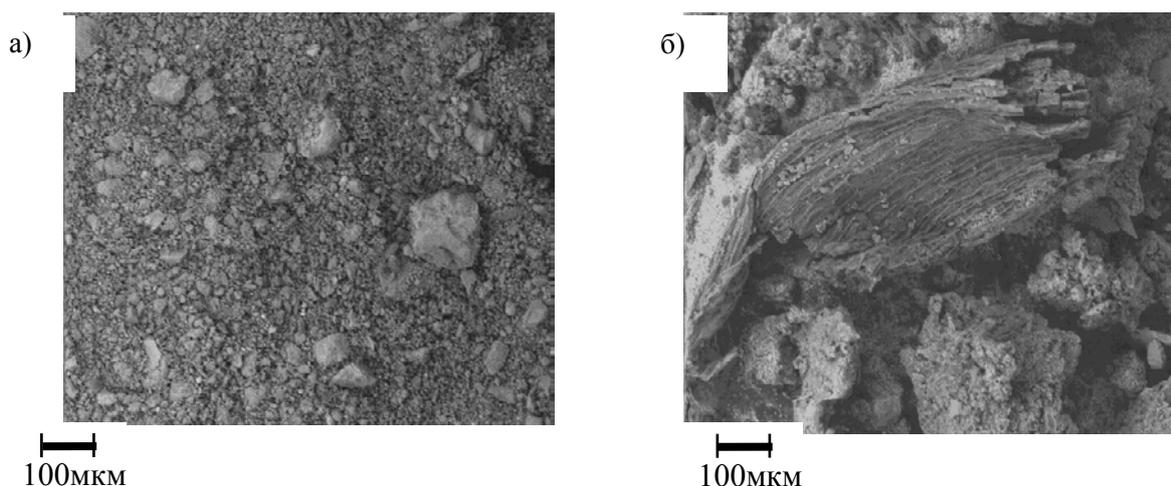


Рис.2 Морфология ОСВ типа II (а) и типа I(б)

Органическая составляющая ОСВ представлена преимущественно сложным гумусо-лигнинным комплексом [6]. Однако возможно наличие и иных органических веществ, являющихся трудно разлагаемыми и биологически не усвоенными.

В качестве таких органических веществ могут присутствовать: жироподобные вещества (из жироловок); различные моющие средства, мыла общей формулы  $R-COONa$ , алкил-, арилсульфонаты -  $R-SO_3Na$ , мылонафты, соли нафтеновых кислот, лигнин, лигносульфонаты и другие жесткие высокомолекулярные соединения; трудно разрушаемые растворители и углеводороды, особенно с гетероциклическими атомами или конденсированными ядрами; трудно разрушаемые фосфорорганические соединения [7].

Лигнин – наиболее устойчивое против разложения соединение, содержащее бензольные ядра, несущие в качестве заместителей пропановые цепочки, гидроксильные и метоксильные группы [6]. В качестве заместителей в ароматическом кольце могут быть атомы и группы  $OH$ ,  $CO-$ ,  $-OCH_3$ ; в пропановой цепочке -  $OH$ ;  $-O-$ ;  $=C=O$  и др.

Гуминовые вещества представляют собой природные хелатообразующие вещества с молекулярной массой от 300 до  $10^5$  и нерегулярной структурой. Преимущественно они имеют ароматическую структуру, включают фенольные гидроксилы и карбоксильные группы, способные присоединять металлы, в том числе - тяжелые[8].

#### Характер взаимодействия составляющих ОСВ

Среди возможных механизмов взаимодействия и образования соединений лигнинно-гумусных веществ со слоистыми силикатами (алюмосиликатами) ведущая роль принадлежит поливалентным катионам, особенно  $Fe^{3+}$  и  $Al^{3+}$ , способным одновременно образовывать связь и с анионом гумусовой кислоты, и с отрицательно заряженными группами на поверхности алюмосиликатов. На рис. 3 приведена схема образования таких соединений посредством катионных мостиков [6].

ОСВ являются средой, в которой происходит накопление тяжелых металлов

(табл.3). Большая их часть включается в почвообразовательные процессы.

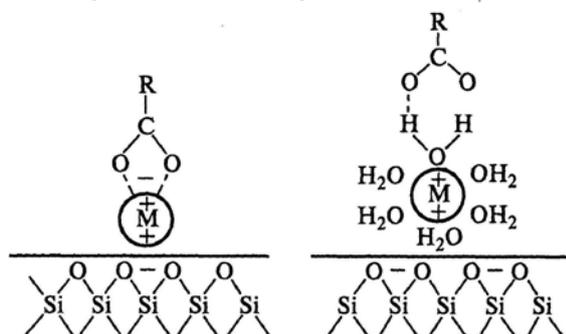
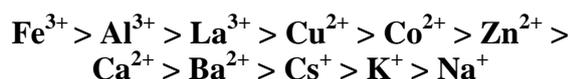


Рис. 3. Образование минералоорганических соединений посредством катионных мостиков

По влиянию на адсорбцию гумусовых кислот, катионы, образующие мостики, располагаются в ряд [6]:



Данные таблицы 3 свидетельствуют о наличии в осадке сточных вод этих металлов, что обуславливает возможность образования мин.

### Гипотеза

Рассматривая депонированные ОСВ с позиций материаловедения, последние можно отнести к категории техногенных месторождений сырьевых материалов для строительной и дорожно – строительной индустрии.

Минеральная алюмосиликатная составляющая ОСВ (каолинит, монтмориллонит и пр.), содержащая органическое вещество, подобна глинистым материалам. Это сырье может быть использовано для производства керамических обжиговых изделий [9].

Полидисперсный состав ОСВ, наличие тяжелых металлов, ПАВ и органических веществ в соединениях, взаимодействующих с битумом - это те полезные свойства отхода, которые можно реализовать в производстве асфальтобетонов [10].

### Экспериментальные исследования дорожно-строительных и строительных материалов

Выдвинутая гипотеза о возможности использования депонированных ОСВ в качестве сырьевой базы для производства строительных и дорожных материалов успешно подтверждена

лабораторными исследованиями [4,5, 11-14] (табл. 6, 7; рис. 4, 5).

Получаемый асфальтобетон по своим параметрам превышает требования нормативных документов (табл.6). Кроме того, введение ОСВ в состав асфальтобетона придает ему специальные эксплуатационные свойства-уменьшает температурную чувствительность (повышает прочность при высоких летних температурах).

Получаемый керамический эффективный кирпич на основе ОСВ по прочности соответствует марке М50...М100, обладает пониженными теплопроводностью и массой. Энергозатраты на обжиг кирпича намного ниже аналогов, так как выгорающая органика снижает температуру обжига на 80-100градусов.

### Опытно-промышленная апробация материалов

Для проверки результатов теоретических и экспериментальных исследований, отработки технологии производства асфальтобетонных смесей с наполнителем ОСВ, их укладки и уплотнения, изучения процессов структурообразования дорожного покрытия и оценки эксплуатационных свойств в натуральных условиях, было осуществлено экспериментальное внедрение разработанного материала на территории промышленной базы КП «Луганская МДПМК-34». Объем произведенного и уложенного в покрытие асфальтобетона верхних слоев дорожной одежды составил 55т, в состав которого входило 3,3т подготовленного осадка. Внедрение осуществлено в 2005г (рис.4).

Совместно с ДЭРСУ г. Красный Луч в период с сентября по октябрь 2010г с использованием осадка сточных вод г. Луганска в качестве органо-минерального порошка (ОМП) была проведена реконструкция городской улицы им. Малютина в г. Антраците Луганской области (рис.5).

При этом в проезжей части улицы длиной 250м и шириной 6м были выделены два опытных участка 250\*3м – левая полоса дороги была выполнена на асфальтобетоне с традиционным минеральным порошком, а правая – на асфальтобетоне с ОМП, за которым установлены систематические наблюдения, которые свидетельствуют о хороших эксплуатационных качествах дорожного покрытия (рис.4).

В 2005г. на Луганском кирпичном заводе выпущена опытная партия (3000 шт.) керамического кирпича на основе ОСВ (рис.6).

Т а б л и ц а 6

**Физико-механические свойства асфальтобетона  
с различным содержанием добавки ОСВ**

№ п/п	Состав асфальтобетона (плотный, тип Б)	Водо-насыщение, %	Набу-хание, %	Предел прочности при сжати, МПа, при температуре			Кoeffи-циент водо-устойчи-вости
				20°C	50°C	водонасы-щенное сост.	
1	Щебень – 35%; Песок из отсева дробления щебня – 65% (контроль)	0,6	0,12	4,40	2,05	3,56	0,87
2	Щебень – 35%; Песок из отсева дробления щебня – 63%; ОСВ – 2%.	0,55	0,15	4,10	1,65	3,70	0,93
3	Щебень – 35%; Песок из отсева дробления щебня – 61%; ОСВ – 4%.	0,97	0,15	4,25	1,92	3,60	0,89
4	Щебень – 35%; Песок из отсева дробления щебня – 59%; ОСВ – 6%.	0,65	0,06	5,40	3,0	4,80	0,91
5	Щебень – 35%; Песок из отсева дробления щебня – 57%; ОСВ – 8%.	1,22	0,18	6,0	3,3	4,9	0,86
	Требования ДСТУ Б В.2.7-119-2003 (марка II, верхние слои)	1,5-3,5	не более 0,85	2,4	1,2	-	не менее 0,85
	Требования ДСТУ Б В.2.7-119-2003 (марка II, нижние слои)	не более 10	-	1,5	-	-	не менее 0,6

Т а б л и ц а 7

**Основные свойства керамического черепка**

№	Содержание осадка, %	Средняя плотность, $\rho_{ср}$ , т/м <sup>3</sup>	Пористость, $P_o$ , %	Теплопровод-ность, $\lambda$ , Вт/м·К	Предел прочности при сжати, $R_{сж}$ , МПа
1	Без добавки	2,08	16,4	0,99	12,2
2	10	2,0	20,0	0,94	13,3
3	20	1,82	27,2	0,84	12,0
4	30	1,70	29,2	0,80	10,2
5	40	1,61	31,6	0,78	9,75
6	50	1,56	37,6	0,70	9,4
7	60	1,50	40,0	0,67	9,25
8	70	1,41	43,5	0,62	9,0
9	80	1,28	48,8	0,55	8,75

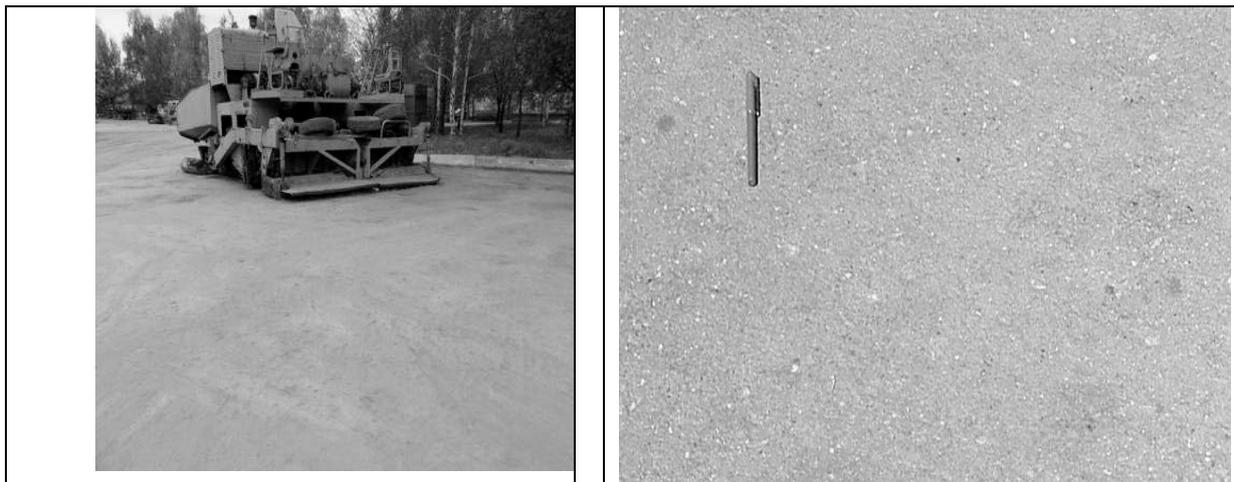


Рис.4. Площадка промбазы. Качество покрытия через 1,5 года эксплуатации (справа)



Рис. 5 Экспериментальная городская улица г. Антрацит



Рис.6. Производство керамических изделий на основе ОСВ (лабораторный образец и опытная партия)

### Технологическая схема подготовки ОСВ для асфальтобетона

На рис.7 представлена технологическая схема подготовки депонированных осадков сточных вод на очистных сооружениях к утилизации [5].

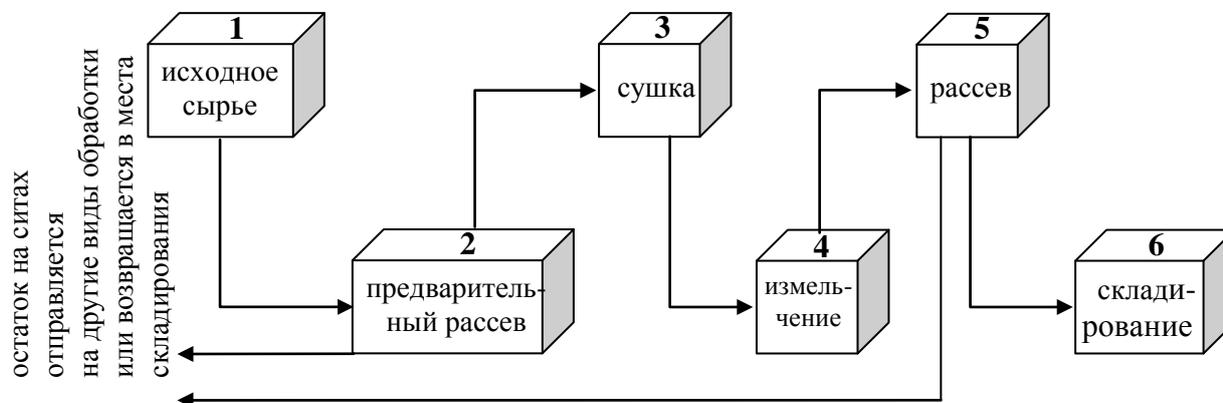


Рис. 7. Технологическая схема по подготовке ОСВ к утилизации в дорожном строительстве

#### Перспективы использования депонированных ОСВ на примере Луганской области

По данным облстатуправления Луганской области, на ремонт и новое строительство автомобильных дорог предприятиями облавтодора ежегодно требовалось 280-300 тыс. т. асфальтобетона, а плановые показатели 2010-2012 г.г. – 500 тыс. т.

Расчеты показывают, что при минимальной годовой потребности асфальтобетона 280 тыс. т./год, утилизация лежалых ОСВ в объемах 6÷8 % от этого количества составит 16,8÷22,4 тыс. т.

Годовое же накопление ОСВ на предприятиях биологической очистки сточных вод г. Луганска составляет порядка 10 тыс. т./год (по данным отдела ООС ЛРПУ ОКП «Компания Лугансквода»). Таким образом, объем 2-х летних накоплений ОСВ на очистных сооружениях может быть утилизирован годовым производством асфальтобетона и его размещением в дорожном полотне.

При необходимости минерализации ОСВ в отвалах в течение 7 лет, данная технология позволяет за это время утилизировать накопленные объемы осадков в количестве 150 тыс. т., а в последующем отрегулировать цикл подготовки осадка для утилизации в асфальтобетон без дальнейшего увеличения территорий, необходимых под хранение ОСВ.

Учитывая, что количество накопленных в Украине ОСВ составляет более 50 млн. т. по сухому веществу, использование данной технологии их утилизации позволит сэкономить значительные денежные средства,

оздоровить окружающую природную среду и довести ее качество до европейских стандартов, а предприятия по очистке канализационных стоков перевести в разряд малоотходных.

#### Экономическая эффективность

Экономический эффект от принятого способа утилизации имеет место как в сфере дорожного строительства (снижение стоимости асфальтобетона), так и для предприятий Водоканала (предотвращение платежей за размещение отходов). Согласно расчету экономической эффективности, применение ОСВ в качестве наполнителя асфальтобетонной смеси на примере предприятия КП «Луганская МДПМК-34», при годовом объеме производства  $A_r = 2600$ т, величина годового экономического эффекта в области дорожного строительства составит [5]:

$$\mathfrak{E}_r = (C_1 - C_2) \cdot A_r = (17089,28 - 16390,52) \cdot 2600 = 33032 \text{ гривен.}$$

Использование осадка сточных вод из отвалов хранения позволит заменить дорогостоящий компонент асфальтобетона – минеральный порошок, улучшить эксплуатационные качества асфальтобетонов на его основе, а также снизить стоимость производства одной тонны асфальтобетонной смеси на 12,70 гривен.

Согласно расчету, размер предотвращенного платежа для СБО г.Луганска за размещение отходов в окружающей природной среде составит [5]:

$$\begin{aligned}
 P_{po} &= \sum_{s=1}^n [(H_{oi} \times M_{li}) + (k_n \times H_{oi} \times M_{ni})] \times k_m \\
 &\quad \times k_o \times k_{\text{инд}} = \\
 &= 0,30 \times 82288 \times 3 \times 3 \times 2,373 = \\
 &= 527227,4 \text{ грн/год.}
 \end{aligned}$$

Суммарный экономический эффект составляет более 560 тыс. гривен.

### Выводы.

1. Повышение безотходности канализационных очистных сооружений и улучшение качества окружающей среды возможно путем внедрения новых подходов и технологий по вовлечению осадков сточных вод в хозяйственный оборот.

2. Для широкого практического использования предложенных способов утилизации ОСВ необходимо решить ряд организационно-правовых вопросов:

- внести изменения в Закон “Об отходах”;
- разработать технические условия на

продукцию и провести ее сертификацию;

- подготовить обращение в Кабинет Министров и Министерство охраны окружающей природной среды с просьбой о разработке действенных механизмов и путей предоставления льгот по налогообложению прибыли, полученной от реализации продукции, изготовленной с использованием отходов и государственных субсидий на снижение процентов по банковским кредитам, направленных на реализацию проектов по утилизации отходов.

### Л и т е р а т у р а

1. Виноградова Н.Ф. Природопользование. – М., 1994.

2. Шаланда А.В. Утилизация осадков сточных вод очистных сооружений посредством компостирования. // Коммерческая биотехнология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cbio.ru>.

3. Кофман В.Я. Как поступают в Европе с осадками очистных сооружений канализации (обзор зарубежных изданий) // Водоснабжение и санитарная техника, 2013, №4. С. 18-24.

4. Дрозд Г.Я. Бизирка И.И. Вовлечение депонированных осадков сточных вод в хозяйственный оборот // Водоснабжение и санитарная техника, №4. – Москва, 2013. С. 11-18.

5. Дрозд Г., Бреус Р., Бизирка И. Депонированные осадки городских сточных вод. Концепция утилизации. - LAP LAMBERT Academic Publishing / Германия, 2013, 153 с.

6. Орлов Д.С. Химия почв. – М.: Издательство МГУ, 1992. – 400 с.

7. Кононский А.И. Физическая и коллоидная химия / А.И. Кононский. – К.: «Высшая школа», 1989. – 311 с.

8. Котюк Ф.А. Технология удаления тяжелых металлов из осадков городских сточных вод. // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВАБУ. - 2005. – Вип. 32. – С. 172-175.

9. Михайлов В.И., Кривоносова Н.Т. Технология производства керамических изделий на основе отходов промышленности. К., Будівельник, 1983 г. – 80 с.

10. Л.Б. Гезенцевей и др. Дорожный асфальтобетон, М.: Транспорт, 1985.-350 с.

11. Бреус Р.В., Дрозд Г.Я. Спосіб утилізації осадів міських стічних вод: Патент на корисну модель № 26095. Україна. МПК С0271/52-1/56, 7С04В26/26 – № u200612901; Заявл. 06.12.2006; Опубл. 10.09.07, Бюл. №14.

12. Бреус Р.В., Дрозд Г.Я., Гусенцова Є.С.. Асфальтобетонна суміш: Патент на корисну модель № 17974. Україна. МПК С04В26/26 – № u200604831; Заявл. 03.05.2006; Опубл. 16.10.2006, Бюл. №10.

13. Погостнова О.А., Акулов А.М., Погостнов А.П., Дрозд Г.Я. Керамічна маса для виготовлення стінових виробів Деклараційний патент на корисну модель. Україна U 2005 04246/Опуб. 15.11.2005. Бюл. № 11.

14. Бреус Р.В., Бізирка І.І., Дрозд Г.Я. Мінеральний порошок для асфальтобетонних сумішей Патент на корисну модель № 84625. Україна. МПК С04В 26/26(2006.1). Опубл. 25.10.2013 р.в бюл. №20.

### Дрозд Г.Я. Нові технології утилізації осадів - шлях до маловідходних каналізаційним очисних споруд

*Виконано аналіз причин, що впливають на безвідходність очисних споруд каналізації. Показано, що відсутність ефективних технологій утилізації осадів обумовлює багатовідходність цих підприємств. Наведено дані комплексних досліджень фізико-хімічного та мінералогічного складів депонованих опадів міських стічних вод. Запропоновано нові технології їх утилізації в будівельній і дорожньо-будівельній галузях. Наведено досвід експериментального застосування та обґрунтування економічної ефективності.*

**Ключові слова:** утилізація, депонований осад стічних вод, технологія, асфальтобетон, будівельна кераміка.

### Drozdz G.Y. New technologies of recycling of deposits - the path to the low-wastewater treatment plants

*The analysis of the causes that affect the non-waste sewage treatment facilities. It has been shown that the absence of effective technologies of recycling of*

*deposits causes multithoodness these enterprises. The data integrated studies of physico-chemical and mineralogical composition of the deposited sediments of urban wastewater. We propose new technologies for their utilization in the construction and road - building sectors. The experience of the pilot study and the application of cost-effectiveness.*

**Key words:** recycling, deposited sewage sludge, technology, asphalt, building ceramics.

**Дрозд Геннадий Яковлевич**, д.т.н., профессор, профессор, ГОУ ВПО ЛНР «Институт строительства, архитектуры и ЖКХ Луганского университета им. В.Даля».

УДК 628.47

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ЖКХ

**Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю.**

## INCREASE OF OPERATING RELIABILITY AND LONGEVITY OF PIPELINES OF THE SYSTEMS OF HOUSING AND COMMUNAL ECONOMY

**Drozd G.Y., Khvortova M.Y.**

*Приведен анализ долговечности и надежности трубопроводных систем ЖКХ на различных стадиях и видов материалов труб. Дана классификация видов отказов и их чистоты в зависимости от материала и диаметра трубопроводов.*

**Ключевые слова:** трубопроводы, коллекторы, отказ, надежность, долговечность.

Статистические данные последних лет [2-5] подтверждают критическую степень изношенности водопроводных, канализационных и тепловых трубопроводов урбанизированных территорий Украины (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

### Состояние основных коммунальных сетей

Сети	Протяжен- ность, км	Износ (среднее значение)	
		%	км
Водоснабжение	>113000	>38	≈43000
Канализация	>46000	>36	≈16600
Теплоснабжение (двухтрубное исчисление)	>33200	ок.63	≈20900

### Проблема

В жилищно-коммунальном хозяйстве трубопроводные системы являются основой обеспечения населения водой, теплом и они же отводят многочисленные стоки. Их стоимость в коммунальных системах составляет 60-70 % от стоимости систем водо- и теплоснабжения и водоотведения. Физический износ трубопроводов, сопровождающийся постоянными потерями воды и тепла и непрекращающимися ремонтами, во многом обусловил кризис жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) [1]. Для предотвращения коллапса ЖКХ необходимо не только изыскать финансовые возможности для замены трубопроводных систем, но и, используя накопленный специалистами опыт, разработать стратегию создания надёжных и долговечных систем на основе современных достижений науки и техники в области материаловедения.

Частые аварии на сетях отрицательно сказываются как на жизнеобеспечении населения и окружающей природной среде так и на экономике предприятий.

Основной причиной сложившейся ситуации является физический износ сетей [1].

Необходимо отметить, что износ сетей напрямую не связан с возрастом этих

сооружений. Есть примеры надежной безаварийной работы трубопроводов на протяжении многих десятилетий, но встречаются случаи раннего выхода сетей из строя, всего лишь через несколько лет после начала эксплуатации.

Так, обследование чугунного водовода  $D = 800\text{мм}$  на старейшем металлургическом заводе в Донецке, показало, что после 90 летней эксплуатации он находится в прекрасном состоянии, а железобетонный канализационный коллектор  $D=1200\text{мм}$  по улице Флотской сгнил от газовой-биогенной коррозии на длине 3,6 км всего после 4 лет ввода в эксплуатацию.

Анализируя данные многочисленных аварий, можно утверждать, что долговечность и надежность трубопроводов зависит от проектного, строительного и эксплуатационного этапов. Допущенные просчеты на любом из этих этапов, либо их поэтапное накопление является причиной возникновения отказа сооружения и его преждевременного выхода из строя [3, 7].

1. *Проектирование.* Этот этап наиболее короткий, но самый важный. Именно при проектировании принимаются все основные решения, от правильности которых на 80 % зависит количество и качество трубопроводной системы. На этой стадии анализируют назначение объекта,

условия его будущей эксплуатации и в зависимости от этого принимают решение о выборе материала трубопровода. Правильность принятия решений на данной стадии позволит значительно уменьшить строительные и эксплуатационные затраты. На стадии проектирования при грамотном учете условий работы, нагрузок, воздействий и материалов закладываются как функциональные акценты сооружения, так и предопределяется его эксплуатационная жизнь. Потенциальная надежность объекта напрямую зависит и от капитальных затрат, закладываемых в процессе проектирования. Чем они выше, тем меньше эксплуатационные затраты и большая доля вероятности безотказной работы сооружения.

2. *Строительство.* В этот период, оставшиеся 10–20 % определяют качество трубопровода. Соблюдение всех монтажных правил, правильность технологии монтажа, транспортировки, погрузки, разгрузки, приемки и хранения материала позволит обеспечить длительный и бесперебойный срок службы трубопровода и значительно снизить эксплуатационные расходы. Применение дефектных конструкций (рис. 1), нарушение технологий либо отклонение от проекта - это дополнительный фактор в создании проблем при эксплуатации объекта.



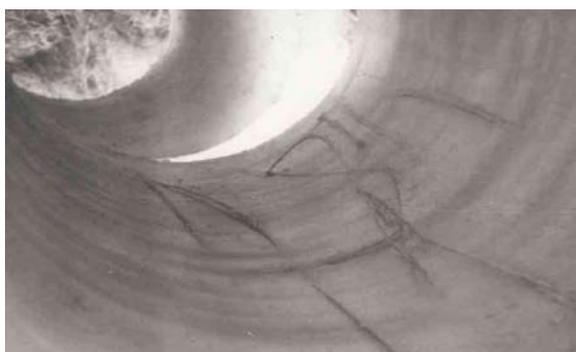


Рис. 1. Заводские и транспортные дефекты ж/б труб

3. *Эксплуатация.* Наиболее продолжительный период в жизни трубопроводных систем, сопоставимый со сроком службы здания или населенного пункта (50–100 лет). Именно при эксплуатации выявляются все недостатки проектных решений и монтажа, при значительной величине которых затраты на эксплуатацию достигают критической величины, что напрямую отражается на материальном благосостоянии граждан. Необходимо отметить, что затраты на эксплуатацию систем трубопроводов многократно превышают первоначальные затраты на их монтаж и проектирование (иногда в десятки раз).

Этап эксплуатации трубопроводов это не только наблюдение за их состоянием и контроль над качеством транспортируемых жидкостей, но и проведение технического обслуживания сооружения.

За время эксплуатации трубопроводы приносят эффект в виде выполненной работы в заданном объеме, но в то же время требуют затрат на поддержание их работоспособного состояния. Во времени эти функции затрат и прибыли соответственно монотонно убывают и возрастают, в зависимости от внешних факторов, системы технического обслуживания и ремонта, износа объектов. Существует оптимальный срок замены объектов с точки зрения текущего соотношения затраты / выгоды и с точки зрения стоимости владения объектом (рис. 2).

Периодически стоимость сооружения увеличивается на сумму выполненного ремонта. С течением времени затраты на

ремонты увеличиваются, так как исчерпывается ресурс объекта (рис. 3) [8].

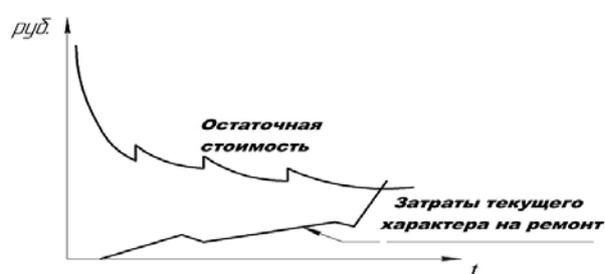


Рис. 2. Зависимость остаточной стоимости сооружения от времени

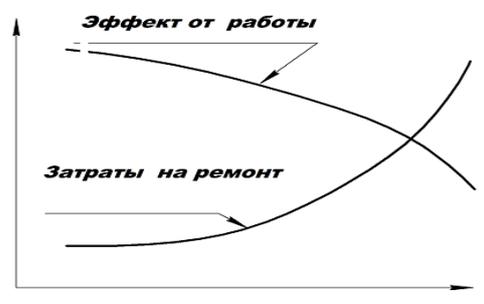


Рис. 3. Зависимость эффективности работы сооружения и затрат на ремонт от времени

При этом постепенно увеличивается доля времени объекта в ремонте, возрастает количество отказов, снижается надежность объекта.

Отказ-это не только нарушение герметичности вследствие физического разрушения элемента или его части, но и перебои в подаче воды, утечки, снижение расхода, повышение или понижение температуры. Теоретический термин «отказ» на практике может иметь такой вид (рис. 4).



Рис. 4. Виды отказов коммунальных трубопроводов

Частота отказов отечественных трубопроводов из различных материалов приведена на рис. 5 [4, 5].

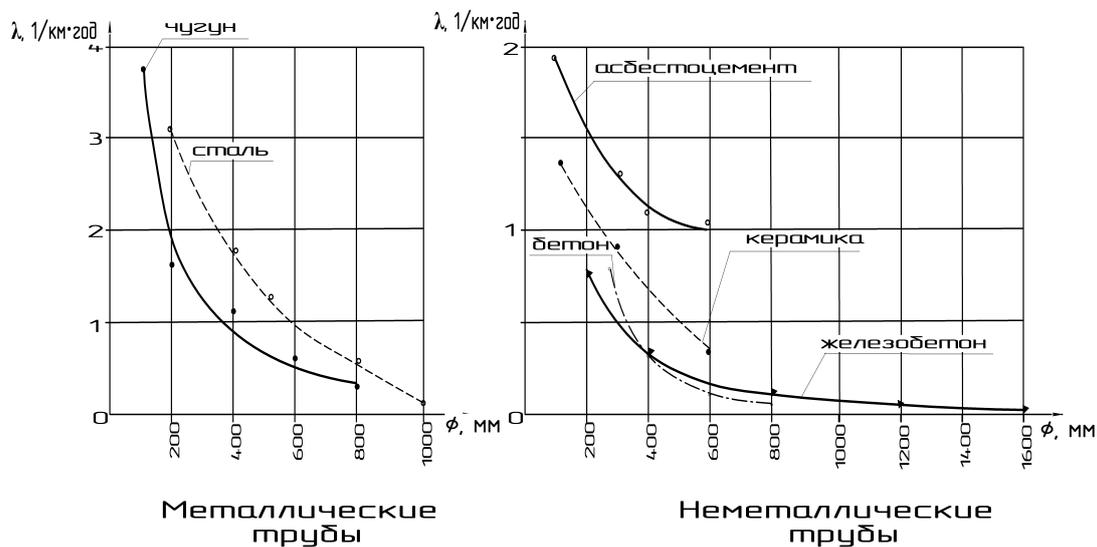


Рис. 5. Зависимость частоты отказов трубопроводов от их диаметра и материала в Украине

Приведенные данные в количественном плане означают, что ежегодно на металлических трубопроводах на каждые 100 км происходит до 360 отказов, а на неметаллических – до 180 отказов с различной тяжестью последствий, вплоть до аварийных ситуаций. Из общей протяженности основных коммунальных сетей Украины в 192200 км – 80500 км, а это составляет 42% трубопроводов находится в **аварийном состоянии**. Учитывая, что подавляющее число трубопроводов построены в 60-70 годах

прошлого века (по критериям ежегодной амортизации 2-5% в зависимости от материала труб), то еще 30-35% сетей находятся в ветхом состоянии. Современное состояние подземных трубопроводов уже называют «подземным Чернобылем» [9, 10].

Сопоставляя реальный и нормативный срок службы трубопроводных систем ЖКХ (таб. 2) можно констатировать, что они отработали свой ресурс, создали кризисную ситуацию в отрасли и требуют кардинального обновления.

Т а б л и ц а 2

**Нормативные требования к трубопроводным системам ЖКХ**

СНиП	Транспортируемые среды	Температура, °С	Максимальное рабочее давление, МПа	Нормативный срок службы, лет
2.04.01-84 Внутренний водопровод и канализация зданий	Холодная вода	20	0.6	50
	Горячая вода	75	0.6	25
	Бытовые стоки	60(90)		50
41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование	Теплоноситель (Горячая вода)	95	0.6	25
2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения	Бытовые стоки	40		50
2.04.02-84 Наружные сети и сооружения	Холодная вода	20	0.6	50
2.04.07-86 Тепловые сети	Горячая вода	95(150)	1.6	25

***В настоящее время планово-предупредительный ремонт сетей и оборудования систем водоснабжения, канализации и коммунальной энергетики практически полностью уступил место аварийно-восстановительным работам, затраты на проведение которых в три раза превышают стоимость строительства новых трубопроводов.***

Надо признать, что реформа ЖКХ невозможна без реконструкции и обновлении трубопроводных систем на основе новых научно и практически обоснованных подходов.

Чтобы не совершить очередной стратегической ошибки и через 50 лет снова не столкнуться с кризисом трубопроводных систем ЖКХ, выбирая трубы для трубопроводных систем, необходимо учитывать негативный опыт прошлого.

#### **Истоки проблемы**

Исторические, природные, социальные, экономические, территориальные и

строительные особенности обусловили в Украине использование широкого по материалу спектра труб. Качественный состав по материалу труб сетей водоотведения приведен на рис. 6 [1]. Удельный вес металлических (чугунных и стальных труб) в наружных сетях водоотведения составляет около 25 %. Из неметаллических труб преобладают керамические (38,3 %), бетонные и железобетонные (суммарно 28,2 %), асбестоцементные (8,6 %), на долю пластиковых труб приходится менее 1%.

Сравнивая надежность металлических и неметаллических труб по частоте отказов, отметим, что для металлических труб она в несколько раз выше, чем для неметаллических (рис. 5). Это объясняется большей коррозионной устойчивостью последних к грунтовой агрессии и блуждающим токам. Из этого наблюдения следует, что широкое применение незащищенных от коррозии металлических труб было стратегической ошибкой.

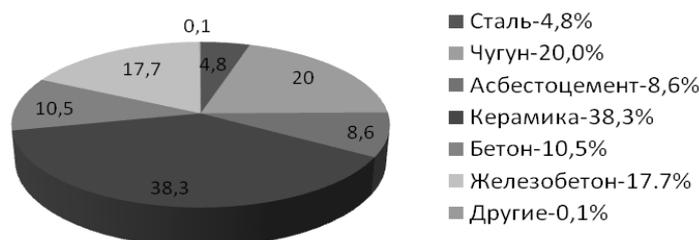


Рис. 5. Состав трубопроводов водоотведения Украины по материалу

Единственным оправданием их использования может служить только их доступность, высокая механическая прочность, сравнительно высокая скорость и простота монтажа таких трубопроводов.

Независимо от материала труб частота отказов трубопроводов обратно пропорциональна их диаметрам [4]. Это связано с тем, что трубы небольших диаметров, как правило, располагаются на начальных участках сети на сравнительно небольшой глубине и находятся в поле различных физико-механических воздействий. Трубопроводы – как линейные протяженные сооружения, располагаемые на неоднородном по длине основании. Количество стыковых соединений в зависимости от диаметра и материала труб колеблется от 1000 до 200 на километр трубопровода, а это очень серьезный фактор надежности сооружения. Акцентируя внимание на неметаллических трубопроводах, как более стойких к коррозии, отметим, что при их диаметрах до 500 мм в 70 % случаев происходит повреждение от физико-механического воздействия (раскрытие стыков, переломы труб, абразивное истирание лотков) и в 30 % - вследствие коррозии.

Железобетонные канализационные трубопроводы диаметром более 500 мм, вследствие большей массивности только в 33% случаев подвержены физико-механическому воздействию, а в 67 % случаев разрушаются газовой биогенной коррозией под действием внутренней эксплуатационной среды, приводящей к масштабным авариям.

За рубежом, например в Германии, частота отказов трубопроводов примерно на порядок ниже, а на фактор коррозии приходится лишь около 7% разрушений [11; 12], что объясняется высоким качеством изготовления труб и конструкций, а также лучшим техническим обслуживанием и уходом за сетями (вентиляция, промывка, транспортирование смешанных вод, наблюдение, диагностика и др.).

Для сопоставления приведем структуру потребления труб в водопроводно-канализационном секторе за рубежом (рис. 6 [3]).

Сопоставляя отечественные и зарубежные трубопроводы (на начало 2000 годов), можно отметить более высокий суммарный процент использования металлических труб за рубежом, но труб изолированных. Кроме того обращает внимание более высокий процент пластиковых труб (30%), что не идет в сравнение с их отечественным использованием (1%). Бетонные и железобетонные трубы в отечественных сетях (28,2%) несколько превышают аналогичные за рубежом (22%).

Использование за рубежом защищенных от коррозии металлических труб и коррозионно-стойких пластиков, а это в сумме 67% всей трубной продукции, обеспечивает их высокую надежность.

В сегменте неметаллических труб (рис. 6) лидируют полимерные трубы (30% на начало века). За последние годы это лидерство оценивается в 37-40%. Этому способствует как подтвержденный реальный срок надежной эксплуатации полимерных трубопроводов в 40-50 лет, так и совершенствование полимерных материалов и технологий [13].

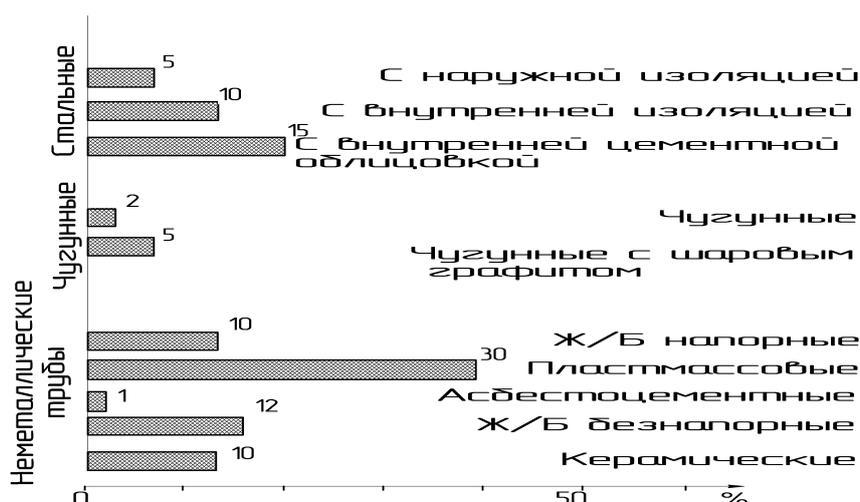


Рис. 6. Структура потребления труб в зарубежных странах

Особенности трубопроводного строительства за рубежом (использование качественных, естественно, более дорогих труб, обеспечивающих эффективную и надежную работу систем) должны быть использованы в отечественной практике при создании коммунальной инфраструктуры нового поколения. Безусловно, нельзя слепо копировать и переносить зарубежный опыт на отечественную почву без учета собственных экономических, территориальных и строительных особенностей.

Мировая тенденция свидетельствует о все более широком использовании полимерных материалов в коммунальной сфере не только во внутри домовых сетях, но и в наружных трубопроводах, что является предпосылкой их предпочтительного использования в ближайшей перспективе в отечественной практике.

Проанализируем технические, механические, коррозионные, гидравлические, эксплуатационные и экологические характеристики труб из различных материалов в сопоставлении с полимерными (табл. 3).

Комплексный анализ характеристик труб из приведенных материалов дает основание отдать предпочтение полимерным трубам, которые могут быть использованы во всех трубопроводных системах ЖКХ и обладают:

- высокой коррозионной и химической стойкостью, долговечность (гарантированный срок эксплуатации – от 25 лет). Незначительная вероятность образования отложений на внутренней поверхности трубы;

- низким коэффициентом шероховатости – коэффициент шероховатости (Кш) стали равен 0,2, Кш полимерной трубы в среднем в 20 раз меньше и равен 0,01. Коэффициент шероховатости чугунных труб примерно в 40–50 раз больше, чем Кш полимерных труб;

- требуют меньших затрат электроэнергии на перекачку жидкости (это утверждение верно для горячего и холодного водоснабжения, поскольку там используется большая скорость потока транспортируемой среды);

- в 5–7 раз легче стальных, что облегчает монтажные работы, особенно в стесненных условиях, поэтому небольшие перемещения их при монтаже не требуют грузоподъемных механизмов, недорогая доставка;

- низкая теплопроводность материала, снижающая тепловые потери и уменьшающая образование конденсата на наружной поверхности труб;

- отсутствие необходимости в обслуживании и катодной защите;

- стыковая сварка полиэтиленовых труб дешевле, проще, занимает меньше времени, не требует дополнительных расходных материалов; есть возможность многократного монтажа и демонтажа при низких затратах. Высокая надежность сварных швов соединений в течение всего срока эксплуатации трубопроводов;

Таблица 3

## Сравнительные характеристики труб полипропиленовых / полиэтиленовых / поливинилхлоридных / чугунных / стальных / бетонных.

ВИД ТРУБЫ СВОЙСТВА	ПП ПОЛИПРОПИЛЕН	ПОЛИЭТИЛЕН ПЭ	ПОЛИВИНИЛХЛОРИД ПВХ	ЧУГУН	СТАЛЬ (нержавеющая)	ЖЕЛЕЗОБЕТОН
1	2	3	4	5	6	7
удельный вес 1м/п, Dп=160 мм, кг	7,06	3,77	5,62	28,1	17,5	104,9
степень шероховатости внутренней поверхности	поверхность гладкая	стены гладкие, способствуют малому сопротивлению потока	низкая шероховатость, способность самоочистке, исключаются потери напора на трение	высокая, зависит от покрытия (эпоксид)	стальные подвержены зарастанию внутренней поверхности продуктами коррозии, что приводит к повышенной шероховатости	повышенная, вследствие увеличивается гидравлическая сопротивляемость трубы
устойчивость к коррозии, зарастанию сечений	отсутствие коррозии зарастания сечений	не подвержен и коррозии зарастанию сечений	полное отсутствие и коррозии зарастания сечений	мало подвержен коррозии (но обязательно должен иметь антикоррозийную защиту)	подвержена электрохимической коррозии и зарастанию сечений в короткий срок эксплуатации	подвержен коррозии арматуры в короткие эксплуатационные сроки, что приводит к образованию микро- и макро- трещин в теле трубы; неустойчив к зарастанию сечений
устойчивость к блуждающим токам	диэлектрик	диэлектрик	диэлектрик	является проводником	является проводником	неустойчив

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
	- с помощью универсальных и доступных приспособлений и инструментов	двух различных упаковках - бухты и пучки, одиночные трубы переносятся вручную, монтаж - при помощи стыковой сварки и электромуфт	специализированной подготовки, не требует специального оборудования, что увеличивает скорость монтажа в 5-6 раз, легки в монтаже при любых способах прокладки (значительная экономия времени и средств)	Большой вес трубы обязывает к применению больших физических усилий при монтаже, даже с учетом минимального контакта с телом трубы, без квалификации рабочего специалиста невозможно обеспечить качество монтажа	резьбе с помощью фланцев и сварки	
<b>предел прочности при разрывах, МПа</b>	28-35	20-38	30-50	-	-	-
<b>коэффициент линейного расширения, МПа</b>	$12 \times 10^{-5}(0,00012)$	$14 \times 10^{-5}(0,00012)$	$6 \times 10^{-5}(0,00012)$	-	-	-
<b>герметичность соединений</b>	высокая, кроме соединительного узла металлическими трубами	высокая	высокая; герметичность обеспечивают резиновые уплотнительные кольца различных конфигураций дополнительных герметизирующих материалов	герметичность и изоляцию обеспечивают используемого герметизирующего материала и специализированный подход к монтажу	герметичность изоляцию соединений определяет качество сварки; при использовании фитингов из полимеров уплотнительной резинкой герметичность обеспечивают последние	в местах стычных раструбных соединений обеспечивается битумная мастика и другие герметики

Продолжение табл. 3						
1	2	3	4	5	6	7
наличие фитингов, возможность соединения с другими материалами, размерный диапазон	широкий ассортимент фасонных частей гарантирует выполнение соединений практически любыми видами труб, весьма широкий диапазон длин и диаметров, минимизирует количество обрезков после монтажа	широкая номенклатура соединительных деталей для сварки встык и переходы "сталь-полиэтилен", "чугун-полиэтилен", основная часть типоразмеров выпускается длиномерными отрезками (бухта 100м, отрезки 12м)	конструктивно-разнообразные фитинги обладают полной герметичностью и делают возможным соединение с любыми видами труб, обеспечивают прокладку трубопроводов в труднодоступных местах, широкий диапазон длин и диаметров, минимизирует количество обрезков после монтажа	весьма широкий ассортимент фасонных деталей формата "чугун-чугун"; наличие фитингов для соединений с полимерными трубами; небольшой диапазон длин (от 1 до 5м); преобладание больших диаметров	ассортимент фасонных деталей ограничен форматом "сталь-сталь", соединительные части с другими видами труб отсутствуют; широкий диапазон длин, преобладание малых диаметров	отсутствуют; соединение с другими видами труб только при помощи фитингов других материалов; выпускаются только большие диаметры
уровень морозостойкости °С	-	до -70	до -10	до -60	-	до -50
рабочая температура, °С	до +95 (для некоторых видов - до -95)	до +40	до +40	до -50	-	до +50
уровень шума потока жидкости	С	С	С	В	В	В
	подвержен	подвержен	подвержен	подвержен		

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
<p><b>вторая очередь</b></p>	<p>наружное и внутреннее горячее и холодное водоснабжение (включая бесканальную прокладку), отопительные системы</p>	<p>наружное и внутреннее холодное водоснабжение, при строительстве водопроводов, для хозяйственно-питьевого водоснабжения, применяются в газификации</p>	<p>системы внутренней и наружной канализации (напорной и безнапорной), холодное хозяйственно-питьевое водоснабжение</p>	<p>прокладка трубопровода (раструбные и напорные трубы), в холодных установках кислотопроводах, теплообменниках, канализационных сетях, газопроводах и нефтепроводах</p>	<p>открытая прокладка трубопровода, внутренняя разводка системы водоснабжения и отопления</p>	<p>водопропускные системы, прокладка безнапорных и напорных трубопроводов ливневой, промышленной и бытовой канализации</p>
<p><b>область применения</b></p>	<p>не менее 50 лет</p>	<p>не менее 50 лет</p>	<p>не менее 50 лет</p>	<p>гарантийный срок для материала - 80 лет при условии правильного монтажа</p>	<p>невысокая долговечность (15-25 лет), в связи с низкой коррозионной устойчивостью к транспортируемой жидкости</p>	<p>небольшой износ повышенной арматуры к газовой и электрохимической коррозии</p>
<p><b>индивидуальные свойства</b></p>	<p>некоторые виды ПП труб подвержены газопроницаемости, в частности из кислорода при монтаже чрезмерный нагрев оплавляемой поверхности при растробной стыковке чреват деформацией</p>	<p>маленькая термостойкость (до +40; под давлением до +50); рекомендован для использования в болотных местностях; сопротивление к проникновению водяных паров; отсутствие потребности в</p>	<p>более жесткий, химически - светостойкий, чем ПЭ; стоек к воздействию кислотной среды; обладает совершенными гидравлическими свойствами, не изменяет вкус и химические свойства транспортируемой жидкости, прокладке канализационных наружных систем отсутствует</p>	<p>высокая устойчивость к температурным воздействиям, высокая прочность, сопротивляемость внешним динамическим воздействиям, большой расход материала при производстве труб; повышенная пожаробезопасность; низкая пластичность (хрупкий)</p>	<p>обладает повышенной прочностью, способностью выдерживать высокие статистические и изгибающие внутренние нагрузки, ограниченная область применения (условия прокладки ограничены уровнем</p>	<p>разрушается при воздействии отрицательных температур, вступают в реакцию с канализационными газами; большой расход материала при производстве труб</p>

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
	образовани- ем неровностей на внутренней поверхности, хорошая устойчивость к давлению; температурная формоустойчивость; высокие санитарно- гигиенические показатели	уходе обслуживании; обладает повышенной эластичностью; сварочные соединения имеют такую же или более прочность, чем сама труба; высокие санитарно- гигиенические показатели	и взаимодействие с почвой и грунтовыми водами; использование технологии Multi- Layer для наружных систем канализации, что уменьшает массу трубы, не лишая её прочностных характеристик; пониженная горючесть по сравнению с другими полимерами; отсутствие склонности к растрескиванию; высокие санитарно- гигиенические показатели		промерзания грунта); высокая теплопроводимость; проницаема для кислорода	

**Примечание В-** высокий, **С-** средний, **Н-** низкий;

– ремонтпригодность труб позволяет быстро ликвидировать механические повреждения;

– низкая вероятность физического разрушения трубопровода при замерзании жидкости, т. к. при этом труба увеличивается в диаметре, затем, при оттаивании жидкости, приобретает прежний размер; практически отсутствует опасность физического разрушения трубопровода от гидроударов вследствие сравнительно низкого модуля упругости. Стандартный запас прочности полимерных труб на 50–60 % выше расчетного рабочего давления;

– возможность поставки длинномерными отрезками (бухтами), что сокращает сроки и стоимость монтажа и прокладки трубопровода (на 1 км трубопровода диаметром 110 мм приходится всего два стыка), гибкость труб позволяет проходить повороты трассы трубопровода без использования фасонных деталей;

– возможность объединения в одной оболочке до четырех труб, что позволяет максимально оптимизировать схему прокладки нескольких сетей (горячего и холодного водоснабжения и теплоснабжения) в зависимости от назначения и характера трассы;

– есть возможность использовать полимеры для ремонта (фактически – для восстановления) стальных трубопроводов: протяжка профилированных полиэтиленовых труб внутри изношенных стальных труб незначительно изменяет диаметр водопровода, что позволяет сохранить в нем давление. Профилированная труба восстанавливает свою первоначальную форму и плотно прилегает к стенкам трубы под воздействием пара. Протяжка применима для реконструкции водопроводов диаметром от 100 до 500 мм. Существующая труба используется как футляр. Это уменьшает объем земляных работ, затраты на капитальный ремонт, сокращает сроки работ;

– полимерные трубы позволяют получить существенную экономию воды при промывке вводимых в строй трубопроводов – их достаточно промыть один раз, тогда как стальные – минимум три раза;

– позволяют увеличивать скорость транспортируемой жидкости в напорных трубопроводах до 6–9 м/с,

– экологическая чистота полимерных труб.

Многочисленные исследования показали, что трубы из ПВХ являются безвредными и не опасны для здоровья человека. В процессе эксплуатации данных систем не происходит выделения токсичных соединений, а при транспортировке питьевой воды не изменяются ее органолептические свойства. Материал ПВХ не способствует размножению бактерий. Это свойство помогает в решении проблемы вторичного загрязнения в водоснабжении. Прежде чем попасть к конкретному потребителю, предварительно очищенная вода проделывает длинный путь порой до нескольких десятков километров. На этом пути происходит ее вторичное загрязнение вследствие низкого качества самой системы трубопроводов и застаивания в них воды. В традиционной системе стальных трубопроводов в воду попадают ионы железа и размножаются бактерии. Использование труб из ПВХ исключает первую и снижают вторую составляющую такого загрязнения;

– несмотря на очевидные преимущества полимерных труб перед другими, не стоит забывать о том, что «полимеры» имеют жесткие ограничения по рабочему давлению, напрямую зависящему от средней температуры в течении всего срока эксплуатации, а также максимальному диаметру трубы. И с этими ограничениями приходится считаться [3,14].

#### **Свет в конце трубы**

По данным специалистов, несмотря на более чем полувековой опыт со дня создания полимерных труб, происходит их постоянное совершенствование и «обкатка» новых технологий производства, повышения качества материала и доработки конструкций [13]. Судя по тому, что полимерные и пластиковые трубы практически вытеснили во внутридомовых сетях все другие виды трубопроводных материалов, можно утверждать, что то же ожидает и наружные коммунальные сети. Вероятно, что полимерные материалы – это материалы третьего тысячелетия в коммунальной сфере.

Наряду с полимерными материалами в трубопроводном строительстве еще долго будет использоваться и железобетон.

Железобетонные трубы за многие десятилетия своего применения хорошо зарекомендовали себя в системах канализации. Поэтому, даже при появлении новых коррозионно-стойких пластиков они до сих

пор, активно используются как за рубежом (22 %), так и у нас в стране (28,2 %).

Следует полагать, что железобетонные трубы и в дальнейшем останутся одним из основных конструктивных элементов сетей водоотведения. Но это должны быть трубы нового поколения, выполненные из особо плотного бетона, отличающиеся более высокими механическими характеристиками и более стойкими к коррозии.

Зарубежный опыт широкого применения пластиковых труб в системах водоотведения заслуживает внимания и должен быть использован в отечественной практике. С точки зрения эксплуатационной надежности сети водоотведения должны конструироваться из двух материалов: полимерных и железобетонных труб.

Экономическую целесообразность использования каждого из этих материалов иллюстрирует рис.7.

Таким образом, полимерные трубы экономически конкурентны железобетонным до диаметра 500мм. Как было показано выше, трубопроводы из всех видов труб диаметром до 500мм имеют максимальное количество отказов от всех видов воздействий. Поэтому именно полимерные трубы как по экономическим, так и по техническим параметрам наиболее эффективны в данном случае. По имеющимся данным определим примерную потребность в полимерных трубах для осуществления восстановления всех коммунальных трубопроводов диаметром 400-500мм. Результат представлен в табл.4.

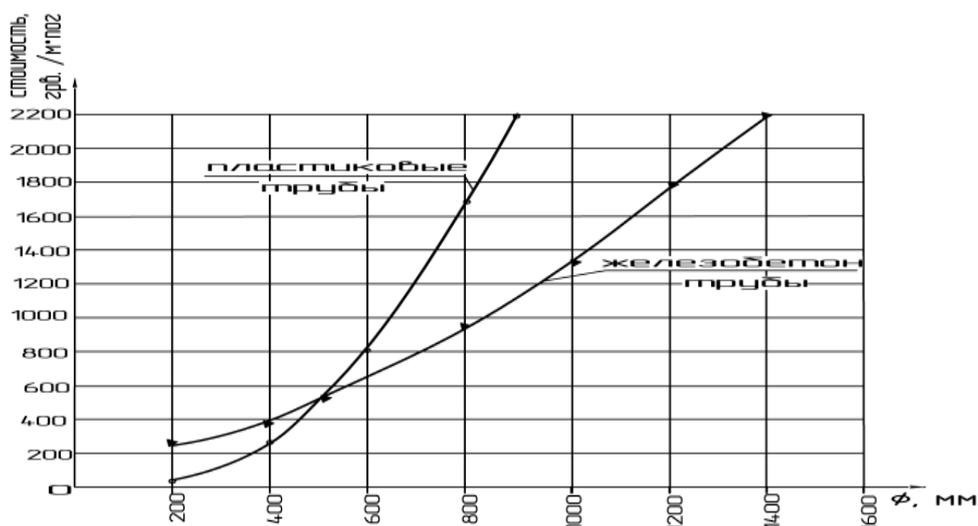


Рис. 7. – Стоимость погонного метра трубы в зависимости от диаметра (цены 2015г)

Таблица 4

**Потребность в полимербетонных трубах диаметром менее 500 мм для восстановления и реконструкции трубопроводных систем ЖКХ**

Сети	Протяжён-ность, км	Процент труб, d,мм		Протяжен-ность, км	Износ, %	Протяжен-ность, км
		≤500	≤400			
Водоснабжение	>113000	-*	73	82400	>38	31200
Канализация	>46000	60	-	27600	>36	9900
Теплоснабжение (двухтрубное исчисление)	>33200	-	95	31200	ок.63	19600
<b>Итого</b>	<b>292900</b>			<b>141200</b>		<b>60700</b>

Примечание. Данные отсутствуют

Как следует из таблицы, для восстановления и реконструкции трубопроводов ЖКХ диаметрами до 500 мм необходимо более 60 тыс. км полимерных труб. Из них для систем водоснабжения необходимо более 31 тыс. км труб, для систем теплоснабжения и водоотведения – около 20 и 10 тыс. км труб соответственно. Приведенные данные позволяют осмыслить объемы необходимых работ, сформулировать идеологию переоснащения трубопроводной инфраструктуры ЖКХ, разработать соответствующую Программу, изыскивать источники финансирования и осуществлять планирование всего этого непростого проекта.

Трубопроводы больших диаметров (от 600 до 2400 мм) могут быть как комбинированными (железобетонный несущий каркас + полимерная внутренняя облицовка), либо полностью выполнены из железобетона. При этом железобетон должен применяться особо плотный с минимальной водонепроницаемостью W 10.

Несомненно, что в осуществлении столь грандиозного проекта по созданию высоконадежных трубопроводных систем должны участвовать классные специалисты, подготовку которых необходимо начинать уже сейчас.

#### **Выводы.**

1. Трубопроводные системы ЖКХ, отработав несколько десятилетий, вследствие физического и морального износа нуждаются не просто в замене, а требуют перехода на новый качественный уровень за счет использования эффективных и долговечных материалов.

2. Новое поколение коммунальных трубопроводных систем обязано обладать высокой эксплуатационной надежностью, которую могут обеспечить трубы из термопластов на участках сети с диаметрами до 500 мм и железобетонные трубы на основе особо плотных тяжелых бетонов на участках с диаметрами, превышающими 500 мм.

3. Повышение долговечности бетонных канализационных трубопроводов, работающих в условиях

биологически активных эксплуатационных сред можно осуществить комбинированным физико-химическим методом, основанным на использовании особо плотных бетонов (первичная защита) с химической обработкой готовых изделий раствором кремнефтористоводородной кислоты  $H_2SiF_6$  или её солями (вторичная защита бетона), либо бикомбинированным способом - применением железобетонных труб с внутренней полимерной облицовкой.

#### **Л и т е р а т у р а**

1. Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. О техническом состоянии канализационных сетей Украины // Водопостачання та водовідведення, Київ, № 1 2012, С. 34-40.

2. Романюк О.М. Стан мереж водопостачання та водовідведення: загострення проблеми / Водопостачання та водовідведення, Київ, № 2, 2013, С. 20-23.

3. Исаев В.Н., Хургин Р.Ю. Трубопроводные коммунальные системы // Сантехника № 3, 2006, Москва, С. 11-21.

4. Ромейко В.С. Ещё раз о трубопроводах жилищно-коммунального хозяйства России // Трубопроводы и экология, № 1 2002, С. 16-24.

5. Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. Состояние и перспективы трубопроводных систем жилищно – коммунального хозяйства // Водопостачання та водовідведення, Київ, № 1 2014, С. 15-21.

6. Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. Надежность канализационной системы и аварийные риски в производственной деятельности предприятий водопроводно-канализационного хозяйства // Вода и экология, Проблемы и решения, - Санкт-Петербург, № 3, 2013(55), -Стр.50-64.

7. Дрозд Г.Я. Коррозионные разрушения, прогнозирование степени агрессивности эксплуатационной среды и обеспечение надёжности канализационных коллекторов на стадии проектирования // Вода и экология. Проблемы и решения. – Санкт-Петербург, № 1, 2013 (53), С. 40-59.

8. Героева А.Г., Зильберова И.Ю. Прогнозирование и диагностика технического состояния объектов коммунальной инфраструктуры. ЖКХ: журнал руководителя и главного бухгалтера, № 1, 2011

9. Ромейко В.С. Подземный Чернобыль // Деловой мир. 1994. 11–14 июля.

10. Бобылев Л. М. Аварии в жилищно-коммунальном хозяйстве // Сантехника. 2003. № 6, с. 13-16.

11. Berger Christian, Lohaus Johanness, Wittner Andreas, Schäfers Ruth. Zustand der Kanalisation in Deutschland // KA-Wasserwirtschaft, Abwasser.– 2002 (49).– №3.– S. 302 – 311.

12. Dietrich Stein. Instandhaltung von Kanalisation / 3 Aufl. – Berlin: Ernst, 1998. – 941 p

13. Ульрих Шюльт Мечта становится реальностью- 50 лет трубам из полиэтилена высокой плотности // Полимерные трубы, № 4(5) 2007, с.71-77.

14. Исаев В. Н., Мхитарян М. Г. Особенности применения пластмассовых трубопроводов// Сантехника. 2006. № 1, с.21-27

**Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. Підвищення експлуатаційної надійності і довговічності трубопроводів систем ЖКХ**

*Приведений аналіз довговічності і надійності трубопроводних систем ЖКХ на різних стадіях і видів матеріалів труб. Дана класифікація видів відмов і їх чистоти залежно від матеріалу і діаметру трубопроводів.*

**Ключові слова:** трубопроводи, колектори, відмова, надійність, довговічність.

**Drozd G.Y., Khvortova M.Y. Increase of operating reliability and longevity of pipelines of the systems of housing and communal economy**

*The analysis of longevity and reliability of the pipeline systems of housing and communal economy on the different stages and types of materials of pipes is resulted. Classification of types of refuses and their cleanness is given depending on material and diameter of pipelines.*

**Key words:** pipelines, collectors, refuse, reliability, longevity.

**Дрозд Геннадий Яковлевич**, д.т.н., профессор, Профессор, ГОУ ВПО ЛНР «Институт строительства, архитектуры и ЖКХ Луганского университета им. Владимира Даля».

**Хвортова Марина Юрьевна**, к.т.н., доцент, доцент ГОУ ВПО ЛНР «Институт строительства, архитектуры и ЖКХ Луганского университета им. В. Даля».

УДК 628.48

**АДСОРБЦИЯ И ДЕСОРБЦИЯ БИТУМА НА ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Дрозд Г.Я., Бизирка И.И.**

**ADSORPTION AND DESORPTION OF BITUMEN ON THE SURFACE OF THE MINERAL MATERIALS**

**Drozd G. Ya., Bizirka I.I.**

*Исследована адсорбция и десорбция битума на поверхности органо-минерального порошка из осадков сточных вод, кварцевого песка, зола из осадков сточных вод, известнякового минерального порошка.*

**Ключевые слова:** адсорбция, десорбция, осадки сточных вод, кварцевый песок, минеральный порошок.

Для исследования приняты четыре вида минеральных порошков: из органо-минерального осадка сточных вод г. Луганска, из природного кварцевого песка, из зола ОСВ и молотого известняка, а также битум БНД 60/90.

Все исследуемые порошки имели, одинаковую удельную поверхность – около 350м<sup>2</sup>/кг.

Значение адсорбции минеральными порошками битума из бензолных растворов определяли по следующей методике: в стеклянные колбы с притертыми пробками емкостью 200 мл помещали навески по 10 г испытуемых порошков, которые заливали 100 см<sup>3</sup> бензолным раствором принятых концентраций и встряхивали на специальной установке в течение одного часа.

Растворы битума готовились на химически чистом неполярном бензоле трех различных концентраций: 1 г/литр, 3 г/литр, 6 г/литр.

После встряхивания колбы с содержимым оставляли в покое на 24 часа, затем из каждой колбы отбирали часть раствора и центрифугировали до полного оседания частиц порошка. Из центрифугированных растворов отбирали пробы, для которых определяли

концентрацию битума с помощью фотометра марки КФК - 3.

Величину адсорбции вычисляли по формуле:

$$q = \frac{(C_1 - C_2)V}{m} \frac{\text{мг красителя}}{\text{г материала}}, \quad (1)$$

где  $C_1$  – исходная концентрация, мг/мл;  
 $C_2$  – равновесная концентрация, мг/мл;  
 $V$  – объем раствора, мл;  
 $m$  – навеска материала, г.

По разности величин адсорбции и десорбции адсорбированного битума определяли количество битума, химически связанного с поверхностью порошков. Десорбцию производили в аппарате Сокслета чистым бензолом до полного осветления растворителя. О химическом взаимодействии минеральной поверхности и вяжущего судили по количеству

битума оставшегося на поверхности минеральных частиц после десорбции.

Этот метод дает представление о процессах взаимодействия, происходящих на их общей границе раздела, однако не характеризует сцепление между битумом и минеральным материалом в сложных природных условиях, например, при воздействии воды. Поэтому, по методу адсорбции красителя — метиленового голубого А.С. Колбановской [2-3], и весовому методу были определены показатели сцепления битума с поверхностью минеральных материалов.

Величины адсорбции и десорбции битумов исследуемыми порошками приведены на рис. 1.

Разный характер происходящих адсорбционных процессов объясняет различие в адсорбционной способности минеральных порошков по отношению к вяжущему.

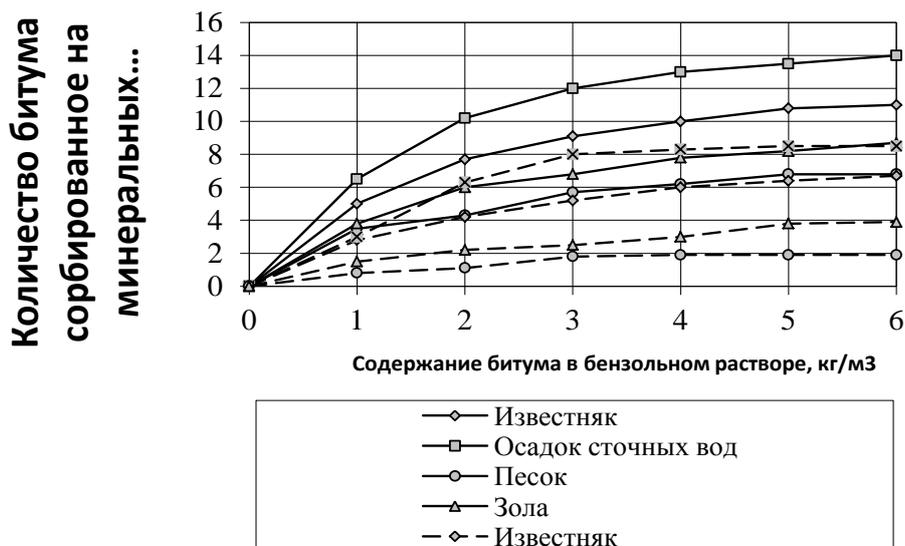


Рис. 1. Зависимость количества битума сорбированного на минеральных частицах от содержания битума в бензольном растворе:  
 ——— - первоначальная адсорбция битума на поверхности;  
 - - - - - после десорбции бензолом

Высокая адсорбционная способность известнякового минерального порошка объясняется его химическим взаимодействием с битумом, вследствие высокого содержания в нем карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) [1]. Хемосорбционное взаимодействие между битумом и минеральным материалом обуславливает более высокое сцепление адсорбционной пленки его с поверхностью минерального материала, чем в том случае,

когда имеют место процессы лишь физической адсорбции.

Величина адсорбции битума минеральными порошками из осадка сточных вод, золы и кварцевого песка ниже, чем у известняка. Причем, для органо-минерального порошка из осадков сточных вод эти показатели значительно выше, чем для других кислых материалов, что характеризует более активное его взаимодействие с битумом.

Предположение о неодинаковом характере физико-химических процессов между минеральными материалами и битумами подтверждается полученными данными по десорбции.

Одним из основных признаков, отличающих процессы физической адсорбции от хемосорбционных взаимодействий, является термодинамическая обратимость сорбированного слоя [4-5].

Из десорбции битума видно, что часть битума отслаивается растворителем (рис. 1). Это указывает на то, что предельно насыщенный адсорбционный слой битума на поверхности минеральных порошков состоит из прочно, химически и обратимо, физически связанного битума.

Характерно, что на поверхности органоминерального порошка из осадков сточных вод после десорбции битума бензолом осталось 61% первоначально адсорбированного вяжущего, а на поверхности кварцевого песка – 28%.

Результаты исследований адсорбции и десорбции битума на поверхности минеральных материалов показывают, что из всех исследуемых минеральных порошков, имеющих кислую природу, наиболее интенсивно взаимодействует с битумом ОМП, по сравнению с золой из ОСВ и кварцевым песком. Данные результаты по десорбции показывают возможность образования хемосорбционных связей битума с поверхностью ОМП.

#### Л и т е р а т у р а

1. Горельшева Л.А. Теоретические аспекты взаимодействия различных порошкообразных материалов с органическим вяжущим / Л.А. Горельшев. // Пути экономии материальных и энергетических ресурсов при ремонте и реконструкции автомобильных дорог / НПО Росдорнии. – М. – 1989. – Вып. 1. – С. 29-35.

2. Колбановская А.С. Влияние природы битума и каменного материала на их сцепление / А.С. Колбановская, С.П. Шимулис. // Тр. Союздорнии. – 1967. – Вып. 11. – С.47-54.

3. Колбановская А.С. Дорожные битумы / А.С. Колбановская, В.В. Михайлов. – М.: Транспорт, 1973. – 261 с.

4. О стабильности битумов и взаимодействии их с минеральными материалами / Лысихина А.И. и др. – М.: Дориздат, 1952. – 175.

5. Физико-химические методы характеристики свойств и структуры дорожно-строительных материалов / Горельшев Н.В., Любимова Т.Ю., Колбановская А.С., Иванов Д.М., Киллер И.М., Агапова Р.А., Тимофеева Л.Д. – М.: Н-т изд-во мин-ва автом. транспорта и шоссейных дорог РСФСР / Автотрансиздат, 1961. – 92 с.

#### **Дрозд Г.Я., Бізирка І.І. Адсорбція і десорбція бітуму на поверхні мінеральних матеріалів.**

*Досліджено адсорбція і десорбція бітуму на поверхні органо-мінерального порошку з осадів стічних вод, кварцового піску, золи з осадів стічних вод, вапнякового мінерального порошку.*

**Ключові слова:** адсорбція, десорбція, осади стічних вод, кварцовий пісок, мінеральний порошок.

#### **Drozd G. Ya., Bizirka I.I. Adsorption and desorption of bitumen on the surface of the mineral materials.**

*Adsorption and desorption of bitumen on the surface of organo-mineral powder of sewage sludge, silica sand, ash from sewage sludge, limestone mineral powder.*

**Keywords:** adsorption, desorption, sewage sludge, quartz sand, mineral powder.

**Дрозд Геннадий Яковлевич**, д.т.н., профессор, Профессор, ГОУ ВПО ЛНР «Институт строительства, архитектуры и ЖКХ Луганского университета им. Владимира Даля».

**Бизирка Ирина Ивановна**, ассистент кафедры городского и промышленного строительства. Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства. Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

УДК 556.115

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ БИОИНДИКАЦИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Черных В.И., Тихоненко Е.П.

## USE OF THE BIOINDICATION METHODS TO CONTROL POLLUTION OF WATER BODIES

Chernykh V.I., Tihonenko E.P.

*Рассмотрены вопросы применения методов биоиндикации для контроля загрязнений водных объектов. Дано описание организмов пригодных для контроля и приведена шкала загрязнений по индикаторным таксонам.*

**Ключевые слова:** биоиндикация, планктонные водоросли, биомасса, водная экосистема, процессы самоочищения, биогены.

Оценка качества воды на любой территории – приоритетное задание экологического мониторинга, поскольку на ее основе осуществляют классификацию по степени пригодности воды для основных видов водоснабжения и разрабатывают стратегии по поводу возможного снижения антропогенных нагрузок и минимизации отрицательных влияний [2].

На сегодняшний день возникает острая необходимость определения качества воды непосредственно в водоеме, не дожидаясь результатов лабораторных исследований, и не загрязняя дополнительно продуктами этих исследований окружающую среду. Наиболее пригодным для этой цели является метод биоиндикации.

Определение качества и антропогенных изменений водных экосистем проводится в основном, по абиотическим параметрам, получить по которым полную характеристику объекта невозможно, поскольку основной критерий – реакция живых организмов, которые живут в водной среде, остается неучтенным. Поэтому необходимость в использовании качественно новых подходов для оценки чистоты воды, особенно, учитывая тот факт, что для отдельных элементов ПДК не регламентированы, а по ряду показателей ПДК

давно переступили черту, которая отделяет допустимый и нежелательный уровни загрязнения окружающей среды.

Оценка качества воды водоемов и водотоков может быть проведена с использованием физико-химических и биологических методов. Биологические методы оценки – это характеристика состояния водной экосистемы по растительной и животной среде водоема.

Биологический метод оценки состояния водоема позволяет решить задачи, решение которых с помощью гидрофизических и гидрохимических методов невозможно. Определение степени загрязнения водоема по составу живых организмов позволяет быстро установить его санитарное состояние, определить степень и характер загрязнения и пути его распространения в водоеме, а также дать количественную характеристику протекания процессов естественного самоочищения.

Подчеркивая всю важность биоиндикационных методов исследования, необходимо отметить, что биоиндикация предусматривает выявление уже состоявшегося или происходящего загрязнения по функциональным характеристикам особей и экологическим характеристикам сообществ организмов. Постепенные же изменения видового состава формируются в результате длительного отравления водоема, и явными они становятся в случае далеко идущих изменений.

Таким образом, видовой состав живых организмов загрязненного водоема служит итоговой характеристикой токсикологических свойств водной среды за определенный

промежуток времени и не дает ее оценки на момент исследования.

В холодное время года системы биологической индикации в гидробиологии вообще не могут быть применены.

В Ровеньковском районе основными объектами загрязняющими поверхностные воды являются промышленные предприятия и ЖКХ, в соотношении 60 и 40% [1].

При сбросе в водоем токсических веществ, содержащихся в промышленных сточных водах, происходит угнетение и обеднение фитопланктона. При обогащении водоемов биогенными веществами, содержащимися, например, в бытовых стоках, значительно повышается продуктивность фитопланктона. При перегрузке водоемов биогенами возникает бурное развитие планктонных водорослей, окрашивающих воду в зеленый, сине-зеленый, золотистый, бурый или красный цвета ("цветение" воды). "Цветение" воды наступает при наличии благоприятных внешних условий для развития одного, реже двух-трех видов. При разложении избыточной биомассы, выделяется сероводород или другие токсичные вещества. Это может

приводить к гибели зооценозов водоема и делает воду непригодной для питья [3].

Каждая группа организмов в качестве биологического индикатора имеет свои преимущества и недостатки, которые определяют границы ее использования при решении задач биоиндикации. Водорослям принадлежит ведущая роль в индикации изменения качества воды в результате эвтрофирования (заболачивания) водоема. Зоопланктон также достаточно показателен как индикатор эвтрофирования и загрязнения (в частности органического и нитратного) вод.

Зообентос - совокупность животных, обитающих на дне и в придонных слоях воды, служит хорошим индикатором загрязнения донных отложений и придонного слоя воды. Наиболее достоверными индикаторами среди них служат легочные моллюски, особенно катушки и речные чашечки. Положительные результаты дает также оценка качества воды по личинкам насекомых. Свободно живущие личинки ручейников, а также поденок являются наиболее чувствительными организмами (см. табл.).

Т а б л и ц а

Шкала загрязнений по индикаторным таксонам [2]

Индикаторные таксоны	Эколого-биологическая полноценность, класс качества воды, использование
Личинки веснянок, плоские личинки поденок, ручейник - риактофилла	Очень чистая, питьевое, рекреационное, рыбохозяйственное.
Крупные двусторчатые моллюски (перловица), плавающие и ползающие ручейник-нейреклипис, вилхвостки, водяной клоп	Чистая. Полноценная, питьевое, рекреационное, рыбохозяйственное, орошение, техническое.
Моллюски-затворки, горошинки, роющие личинки поденок, ручейники при отсутствии реактофиллы и нейреклипис, личинки стрекоз плосконожки и красотки	Удовлетворительно чистая, полноценная, питьевое с очисткой, рекреационное рыбоводство, орошение техническое.
Шаровки, дрейсена, плоские пиявки, личинки стрекоз при отсутствии плосконожки и красотки, водяной ослик	Загрязненные, неблагополучные, ограниченное рыбоводство, ограниченное орошение.
Масса трубочника, мотыля, червеобразные пиявки при отсутствии плоских, крыски, масса мокрецов	Грязные, неблагополучные, техническое.
Макробеспозвоночных нет	Очень грязные, неблагополучные, техническое с очисткой.

Значение макрофитов (высшая водная растительность) наиболее существенно при предварительном гидробиологическом осмотре водных объектов. При загрязнении водоемов

изменяется видовой состав, биомасса и продукция макрофитов, возникают морфологические аномалии, происходит смена доминантных видов, обуславливающих

особенности ценоза. Данные по ихтиофауне важны при оценке состояния водного объекта в целом и особенно при определении допустимых уровней загрязнения водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.

Проведение биологических исследований имеет свои особенности в стоячих и текущих водоемах.

Для изучения рек и ручьев большое значение имеют перифитонные организмы (т.е. обрастатели), те, которые дают картину общего состояния воды за достаточно длительный промежуток времени, предшествующий исследованию.

Биологическое исследование стоячих водоемов, как правило, интерпретируется более легко. Здесь, прежде всего, необходимо проведение комплексных исследований с тем, чтобы иметь более полное представление о состоянии водоема. Чем крупнее исследуемый водоем, тем большее количество разнообразных станций надо выбирать по его периметру.

Почти любое использование воды влияет на ее качество. Использованная вода обычно возвращается в реки или отстойники для восстановления. Это может оказать нежелательное влияние на жизнь, если использованная вода будет сильно отличаться от естественной.

Различные виды живых существ показывают, чем загрязнена окружающая среда. Какой бы совершенной ни была современная аппаратура, она не может сравниться с "живыми приборами", реагирующими на те или иные изменения, отражающие воздействие всего комплекса факторов, включая сложные соединения различных ингредиентов.

Бурное развитие сине-зеленых водорослей - хороший индикатор опасного загрязнения воды органическими соединениями.

Лучший индикатор опасных загрязнений - прибрежное обрастание, располагающиеся на поверхностных предметах у кромки воды. В чистых водоемах эти обрастания ярко-зеленого цвета или имеют буроватый оттенок. Для загрязненных водоемов характерны белые хлопьевидные образования. При избытке в воде органических веществ и повышения общей минерализации обрастания приобретают сине-зеленый цвет, так как состоят в основном из сине-зеленых водорослей. При плохой очистке фекально-бытовых сточных вод обрастания бывают белыми или сероватыми. Как правило, они состоят из прикрепленных инфузорий

(сувойки, кархезиум и др.) Стоки с избытками сернистых соединений могут сопровождаться хлопьевидными налетами нитчатых серобактерий-теотриков.

Хорошие результаты дает анализ бентосных (придонных) беспозвоночных. Оценка чистоты водоемов делается по преобладанию, либо отсутствию тех или иных таксонов.

Таким образом, биоиндикация, занимает отдельное место в системе экологического мониторинга водных объектов территории ЛНР, и имеет огромное значение в период загрязнения окружающей среды, в том числе водной. Результаты этих исследований учитываются при определении природоохранной стратегии и идентификации негативных факторов окружающей среды, которые стали причиной изменений биообъектов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Луганській області.
2. Филенко О.Ф. Биологические методы в контроле качества окружающей среды / Экологические системы и приборы. – 2007, № 6. – С.18 – 20.
3. <http://edu.greensail.ru/monitoring/methods/bioindicat.shtml>

#### **Черних В.И., Тихоненко К.П. Застосування методів біоіндикації для контролю забруднень водних об'єктів**

*Розглянуто питання застосування методів біоіндикації для контролю забруднень водних об'єктів. Дано опис організмів придатних для контролю і наведена шкала забруднень за індикаторними таксонам.*

**Ключові слова:** біоіндикація, планктонні водорості, біомаса, водна екосистема, процеси самоочищення, біогени.

#### **Chernykh V.I., Tihonenko E.P. Use of the bioindication methods to control pollution of water bodies**

*The article discusses the use of bioindication methods for pollution control of water bodies. Given the description of the organisms suitable for the control and given the scale of pollution on indicator taxa.*

**Key words:** bioindication, planktonic algae, biomass, aquatic ecosystem, processes of self-purification, nutrient.

**Черних Виктор Иванович**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой экологии. Луганский государственный университет им. В. Дала.

**Тихоненко Екатерина Петровна**, факультет естественных наук, группа ПН-351м. Луганский государственный университет им. В. Дала.

УДК 628.47

## АДСОРБЦИЯ БИТУМА С МИНЕРАЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Дрозд Г.Я., Бизирка И.И.

### ADSORPTION OF BITUMEN WITH MINERAL MATERIALS

Drozd G. Ya., Bizirka I.I.

Приведены экспериментальные результаты по сцеплению методом избирательной адсорбции красителя минерального материала с битумом. По методу Колбановской А.С. (весовым методом) определен показатель сцепления битума с минеральным материалом

**Ключевые слова:** адсорбция, адгезия, сцепление, краситель, кварцевый песок, осадки сточных вод.

Согласно [1-3], для оценки сцепления минерального материала и битума были определены показатели сцепления методом избирательной адсорбции красителя. Результаты приведены в табл. 1. В качестве красителя был выбран метиленовый голубой, так как он практически не адсорбируется на

битуме. Адсорбция этого красителя, носит сложный характер и является одновременно ионной и молекулярной [5].

Сцепление битума с поверхностью минеральных материалов зависит от их дисперсности. Поэтому представляет интерес изучение адгезии битума к поверхности минерального материала разного гранулометрического состава.

Разница в значениях показателя сцепления для исследуемых размеров частиц минерального материала обусловлена неоднородностью минералогического состава указанных фракций.

Т а б л и ц а 1

Результаты исследования адгезии битума методом красителей

Минеральный материал	Фракция, мм	Марка битума	Площадь поверхности минерального материала, покрытая битумом		
			до кипячения	после кипячения	коэффициент адгезии
ОСВ	0,63-1,25	БНД 60/90	77	65	0,84
Зола	0,63-1,25	-//-	76	46	0,60
Песок	0,63-1,25	-//-	62	30	0,48
Известняк	0,63-1,25	-//-	84	74	0,88
ОСВ	0-0,63	-//-	84	74	0,88
Зола	0-0,63	-//-	76	46	0,60
ОСВ	0,63-5,0	-//-	77	62	0,80
Зола	0,63-5,0	-//-	76	45	0,59
ОСВ	0-0,63	БНД 40/60	85	73	0,86
Зола	0-0,63	-//-	78	48	0,61
ОСВ	0,63-5,0	-//-	80	65	0,81
Зола	0,63-5,0	-//-	78	47	0,60

Наиболее высокий коэффициент адгезии у известняка. Из кислых материалов наиболее устойчивые связи наблюдаются у органо-минерального порошка (ОМП).

Из данных табл. 1 следует, что из всех кислых минеральных материалов наибольшую площадь поверхности, покрытую битумом, определенную после объединения битума с минеральным материалом разной

дисперсности (до испытаний в кипящей воде), имеет ОМП, наименьшую – кварцевый песок. Подобная зависимость наблюдается и при определении сцепления после воздействия кипящей воды. Такие результаты подтверждают более высокую интенсивность взаимодействия с битумом поверхности ОМП, чем золы и, особенно, природного кварцевого песка.

Устойчивость адгезионных связей характеризовалась коэффициентом адгезионной устойчивости. Он показывает, насколько изменилась площадь материала покрытая битумом, непосредственно после объединения с вяжущим и после выдерживания в агрессивной среде [4].

Сцепление битума с поверхностью осадка сточных вод (ОСВ) зависит от его гранулометрического состава (табл. 1). Сцепление битума с более мелкими фракциями ОСВ (до 0,63мм) характеризуется более высокими показателями (0,84% - до кипячения, 74% - после кипячения) и коэффициентом адгезионной устойчивости (0,88). Это, по-видимому, происходит из-за взаимодействия асфальтогеновых кислот вяжущего со щелочноземельными металлами с образованием водонерастворимых связей, а также связано с повышенным содержанием  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$ , которые также способствуют образованию устойчивых связей на границе раздела битум-минеральный материал.

Существенно влияет на прочность сцепления битума с поверхностью минерального материала его вязкость. Консистенция вяжущего одновременно может служить и характеристикой сцепления из-за того, что повышенная вязкость битума оказывает большое сопротивление отслаиванию его от поверхности минеральных частиц под действием воды. Однако следует помнить, что хорошее сцепление вязкого битума с поверхностью минерального материала обеспечивается лишь при достаточном смачивании. А так как у очень вязких битумов смачивание затрудняется, повышенная вязкость может стать причиной плохого сцепления битума с минеральным материалом.

Количественная оценка влияния вязкости битума на показатель сцепления с

поверхностью минерального материала представляет большой интерес.

Битумами различной вязкости обрабатывали ОМП и золу ОСВ (размер частиц 0...0,63мм и 0,63...5,0мм). Из данных (табл. 1) видно, что показатель сцепления битума с поверхностью минерального материала возрастает с увеличением вязкости битума. Характер зависимости показателя сцепления от вязкости одинаков для различных видов минерального материала. Повышение показателя сцепления с увеличением вязкости битума, по-видимому, можно объяснить двумя обстоятельствами: 1 – с повышением вязкости битума при условии полного смачивания им поверхности увеличивается приходящееся на единицу поверхности минерального материала количество активных групп и высокомолекулярных соединений битума, обеспечивающих создание прочной связи между битумом и минеральной поверхностью в результате адсорбции и хемосорбции; 2 – трудность смещения (например, водой) с поверхности минерального материала плотного слоя вязкого битума по сравнению с менее плотным слоем битума с меньшей вязкостью.

Похожие результаты получаются и при исследовании показателя сцепления битума с минеральными материалами по методу Колбановской А.С. [3], определенным весовым методом (рис. 1).

Полученные данные позволяют проследить тенденцию уменьшения сцепления битума с минеральными материалами в направлении: известняк – ОМП – зола ОСВ – кварцевый песок.

Следовательно, результаты исследований взаимодействия минеральных материалов с битумом свидетельствуют об адгезии битума к поверхности ОМП, большой вклад в которую вносят хемосорбционные связи. Это возможно благодаря наличию органических веществ в составе ОСВ и их сродству по отношению к вяжущему, обусловленной наличием большого количества адсорбционных центров и примесей металлов на ней. Полученные данные позволяют предположить получение при использовании в качестве минерального порошка ОСВ битумо-минеральных материалов с высокими физико-механическими показателями.

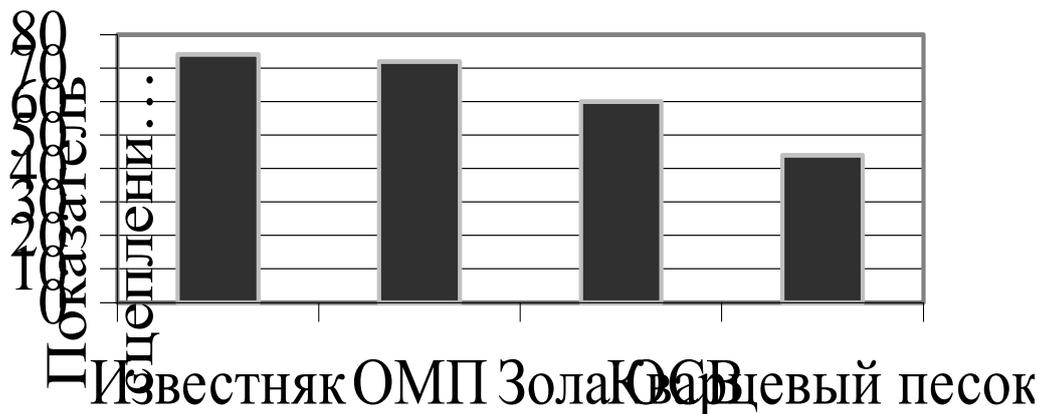


Рис. 1. Показатель сцепления битума с минеральным материалом, определенный весовым методом

### Л и т е р а т у р а

1. Горельшева Л.А. Теоретические аспекты взаимодействия различных порошкообразных материалов с органическим вяжущим / Л.А. Горельшев. // Пути экономии материальных и энергетических ресурсов при ремонте и реконструкции автомобильных дорог / НПО Росдорнии. – М. – 1989. – Вып. 1. – С. 29-35.

2. Горельшев Н.В. Взаимодействие битума и минерального порошка в асфальтовом бетоне // Труды МАДИ. – М., 1955. – вып.10. – С.20-23.

3. Колбановская А.С. Дорожные битумы / А.С. Колбановская, В.В. Михайлов. – М.: Транспорт, 1973. – 261 с.

4. Колбановская А.С. Влияние природы битума и каменного материала на их сцепление / А.С. Колбановская, С.П. Шимулис. // Тр. Союздорнии. – 1967. – Вып. 11. – С.47-54.

5. Физико-химические методы характеристики свойств и структуры дорожно-строительных материалов / Горельшев Н.В., Любимова Т.Ю., Колбановская А.С., Иванов Д.М., Киллер И.М., Агапова Р.А., Тимофеева Л.Д. – М.: Н-т изд-во мин-ва автом. транспорта и шоссейных дорог РСФСР / Автотрансиздат, 1961. – 92 с.

**Дрозд Г.Я., Бізирка І.І. Адсорбція бітуму з мінеральними матеріалами.**

*Наведено експериментальні результати по зчепленню методом вибіркової адсорбції барвника*

*мінерального матеріалу із бітумом. За методом Колбановської А.С. (ваговим методом) визначено показник зчеплення бітуму з мінеральним матеріалом.*

**Ключові слова:** адсорбція, адгезія, зчеплення, барвник, кварцовий пісок, осади стічних вод.

**Drozd G. Ya., Bizirka I.I. Adsorption of bitumen with mineral materials.**

*Experimental results on coupling by selective adsorption of the dye mineral material with bitumen. According to the method Kolbanovskii A.S. (gravimetric method) defined coupling rate of bitumen with mineral material.*

**Keywords:** adsorption, adhesion, coupling, dye, quartz sand, sewage sludge.

**Дрозд Геннадий Яковлевич**, д.т.н., профессор, Профессор, ГОУ ВПО ЛНР «Институт строительства, архитектуры и ЖКХ Луганского университета им. Владимира Даля».

**Бизирка Ирина Ивановна**, ассистент кафедры городского и промышленного строительства. Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства. Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

УДК 504.47

## ПРИРОДНЫЕ ВОДОЕМЫ ЛУГАНЩИНЫ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Дрозд Г.Я.

### NATURAL PONDS LUGANSK REGION IN TERMS OF HUMAN IMPACT

Drozd G.Y.

*Приведены данные натурных исследований состояния малых озер, расположенных в бассейне реки Айдар. Показано, что активное антропогенное воздействие на малые водоемы без принятия незамедлительных мер грозит им неизбежной деградацией и гибелью.*

**Ключевые слова:** техногенное, антропогенное воздействие, водоем, водоохранная зона, экологическая ситуация

По запасам водных ресурсов Луганская область относится к малообеспеченным. Основным источником пресной воды в регионе является река Северский Донец с притоками и расположенные в ее бассейне озера. Бассейн Северского Донца – это урбанизированный регион с плотность населения 93 чел/км<sup>2</sup>, мощной промышленностью и интенсивным сельским хозяйством.

Все водоемы области испытывают антропогенное воздействие, в результате которого их экосистемы и режимы нарушены, а отдельные малые реки и озера прекращают свое существование. Данная проблема весьма актуальна для всего Донбасса. В связи с этим возникает необходимость оценить влияние антропогенного фактора на деградацию природных водоемов.

**Целью работы** является исследование состояния малых озер в условиях антропогенного воздействия и выделение основных факторов антропогенного прессинга на водоемы.

В качестве объекта исследований выбраны озера Большое и Малое, расположенные в 100 м друг от друга, у г. Счастье в бассейне реки Айдар (около 200 м от русла), на расстоянии примерно 4 км от ее впадения в реку Северский Донец (рис. 1,а).

Озера Большое и Малое, родникового питания, со средними глубинами 1.5 и 1.2 м и площадью водного зеркала около 10 и 8 га соответственно, исторически никогда не пересыхали. Это подтверждает и ретроспективный анализ топографических карт местности за 1986 и 2000 годы. Натурные наблюдения и результаты аэрофотосъемки в 2014 году показали, что озеро Малое исчезло (рис.1, б, г), а площадь водного зеркала озера Большое сократилась вдвое (рис. 1, в). На момент наблюдений (апрель, май 2014 года) максимальная глубина озера составила примерно 0.4 м, а вода имела сильно выраженные признаки эвтрофирования.

Качественные характеристики воды озера Большое приведены в табл. 1.

Таблица 1

#### Химический анализ воды озера Большое в сравнении с ПДК<sub>р.х</sub>

Показатели мг/дм <sup>3</sup>	Озеро Большое	ПДК <sub>р.х</sub>
Аммиак	3,9	2,0
Нитриты	0,005	0,08
Нитраты	0,01	40,0
Железо	0,05	0,1
Хлориды	441	300
Сульфаты	1089	100
Жесткость	30,6	7
ХПК	320	15
Перманганатная окисляемость	150	7
рН	6,8	6,5-8,5

Данные табл. 1 свидетельствуют о превышении предельно допустимой концентрации для водоемов рыбохозяйственного использования (ПДК<sub>р.х</sub>): перманганатной окисляемости в 21 раз,

химической потребности в кислороде (ХПК) в 22 раза, сульфатов в 11 раз, хлоридов в 1.5 раза, жесткости в 4.5 раза, т.е. озерная вода по своему химическому составу соответствует промышленному стоку.

Качество воды угнетающе действует на животный и растительный мир озера. Большинство видов рыб исчезло, а оставшиеся больны (рис.1, д, е). На обмеление и исчезновение озер чутко реагирует прибрежная растительность – идет процесс засыхания деревьев и кустарников (рис. 1, ж). Деградация и гибель водоемов ведет к опустыниванию местности: исчезли сопутствующие экосистеме земноводные, пернатые, сократили свою популяцию летучие мыши.

Основной причиной необратимого нарушения и гибели экосистемы в данном случае является человеческий фактор. В нарушение всех норм и правил в водоохранной зоне водоемов осуществляется интенсивная хозяйственная деятельность, Прибрежные земли распаханы практически до окаймляющих озера зарослей камыша. Осуществление забора воды непосредственно из озер и питающих их подземных источников для полива сельхозугодий – основной фактор гибели водоемов (рис. 2, а).

Интенсивное использование и неправильное хранение удобрений, гербицидов и пестицидов на территориях, расположенных в области питания озер приводит не только к загрязнению почвы, но подземных и поверхностных вод.

Этим и объясняется наличие в воде озера высокого содержания аммиака и сульфатов.

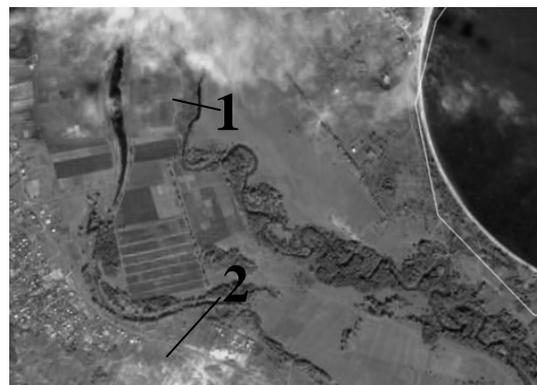
Применение полиэтиленовой пленки в технологии выращивания сельхозкультур и варварское ее захоронение (запахивание) в почву на больших площадях (концентрация пленки достигает 100 -200 г на квадратный метр на территории ок. 7га), а также устройство в прибрежной полосе свалок полиэтиленовой тары из под химикатов (по нашим наблюдениям до 12 т на гектар) обуславливает не только экологическую, но и техногенную опасность в регионе (рис.2, б, в). Для уничтожения следов своей преступной деятельности устраивались пожары, при которых мелководные участки водоема буквально испарились. При таком прессинге на окружающую среду апофиозом человеческой деятельности в безводном регионе Донбасса останется безжизненная отравленная пустыня.

Рассмотренный пример является показательным и уникальным по сочетанию неблагоприятных факторов антропогенного воздействия на водоемы. Основными из них являются:

- несанкционированный забор воды из водоемов;
- хозяйственная деятельность в водоохранной зоне;
- загрязнение почвы и водных источников;
- отсутствие экологической культуры и сознательное или несознательное нарушение Водного Кодекса Украины, Закона Украины «Об охране земель», Правил водопользования и рационального использования водных ресурсов.



а)



б)



в)



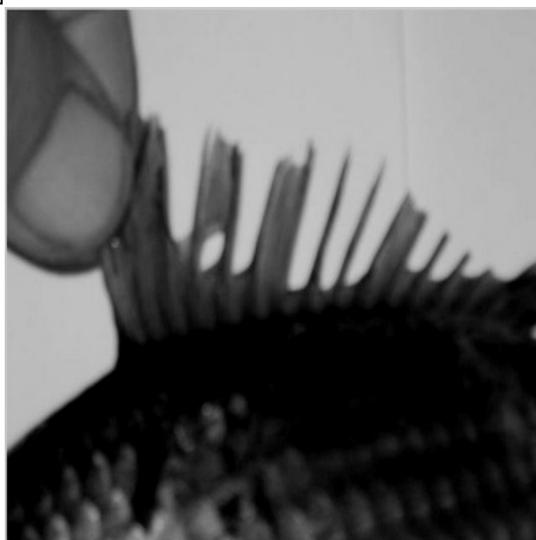
г)



д)



ж)



е)

Рис. 1. Состояние озер  
 а) озера Большое (1) и Малое (2) (2000г.); б) аэрофотосъемка озер (1 и 2) в 2014 г.;  
 в) высыхание озера Большое; г) бывшее озеро Малое;  
 д, е) рыба из озера Большое; ж) засыхание прибрежных лесов.

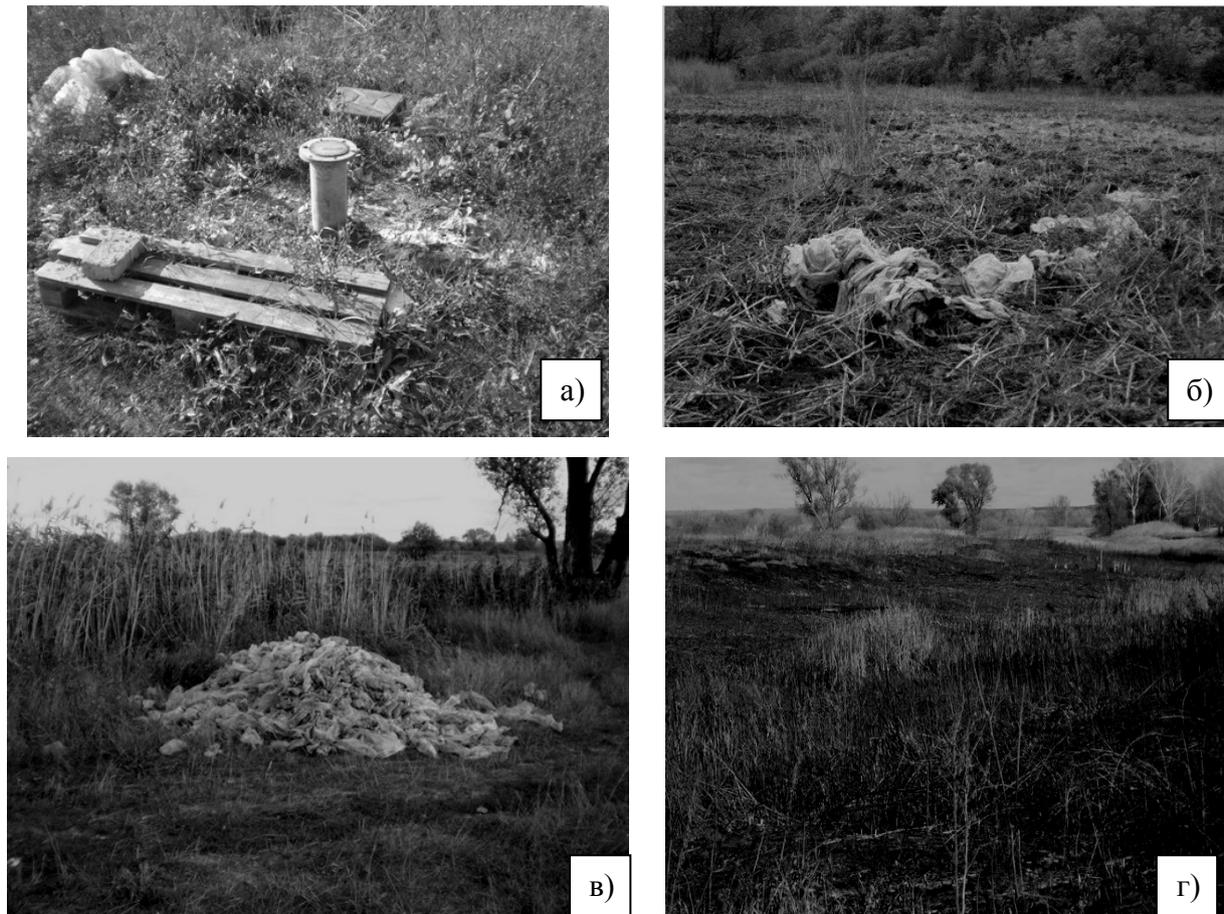


Рис. 2. Основные факторы антропогенного прессинга на озера.  
 а) несанкционированное размещение скважин на берегу озера;  
 б) загрязнение пахотного слоя земли пленочным полиэтиленом;  
 в) полиэтиленовые мусорники на берегах озер;  
 г) пожарище на месте озера

### Выводы

1. Активное антропогенное воздействие на малые водоемы Донбасса нарушило естественный режим, свойственный для закрытых водоемов, что при неприятии решительных мер может привести к их гибели.

2. Для нормализации экологической ситуации необходимо ужесточить контроль над соблюдением режима хозяйственной деятельности в водоохранных зонах и прибрежных полосах водных объектов.

3. Разработать государственную и региональную программы использования, охраны и восстановления водных ресурсов.

**Дрозд Г.Я. Природні водойми Луганщини в умовах антропогенного впливу.**

*Наведено результати натурних досліджень стану малих озер, розташованих в басейні річки Айдар. Виходячи з висновків – активний антропогенний вплив на малі водойми без*

*прийняття необхідних заходів призведе до їх деградації та загибелі.*

**Ключові слова:** техногенний, антропогенний вплив, водойма, водоохоронна зона, екологічна ситуація.

**Drozd G.Y. Natural ponds Lugansk region in terms of human impact.**

*The results of field research conditions of small lakes located in the basin Aidar. Based on the findings - the active human impact on small pond without taking the necessary steps leading to their degradation and destruction.*

**Keywords:** human, human impact, water, water protection zone, the ecological situation.

**Дрозд Геннадий Яковлевич**, д.т.н., профессор, Профессор, ГОУ ВПО ЛНР «Институт строительства, архитектуры и ЖКХ Луганского университета им. Владимира Даля».

УДК 621.3.051.24

## СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА – АЛЬТЕРНАТИВА ЖИЗНИ

Демьяненко Т.И., Тузман А.С.

### SOLAR ENERGY, ALTERNATIVE LIFE

Demyanenko Tatiana I., Tuzman A.S.

*Солнечная энергетика — направление альтернативной энергетики. основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляемые источники энергии и является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования. Производство энергии с помощью солнечных электростанций хорошо согласовывается с концепцией распределенного производства энергии.*

**Ключевые слова:** гелиоустановки, альтернативная энергетика, солнечный поток, солнечное излучение.

Поток солнечного излучения, проходящий через площадку в  $1 \text{ м}^2$ , расположенную перпендикулярно потоку излучения на расстоянии одной астрономической единицы от центра Солнца (на входе в атмосферу Земли), равен  $1367 \text{ Вт/м}^2$  (солнечная постоянная). Из-за поглощения, при прохождении атмосферной массы Земли, максимальный поток солнечного излучения на уровне моря (на Экваторе) —  $1020 \text{ Вт/м}^2$ . Однако следует учесть, что среднесуточное значение потока солнечного излучения через единичную горизонтальную площадку как минимум в  $\pi$  раза меньше (из-за смены дня и ночи и изменения угла солнца над горизонтом). Зимой в умеренных широтах это значение в два раза меньше.

Возможная выработка энергии уменьшается из-за глобального затмения — уменьшения потока солнечного излучения, достигающего до поверхности Земли.

Способы получения электричества, тепла и топлива из солнечного излучения:

- фотовольтаика — прямое преобразование фотонов в электроэнергию с помощью фотоэлементов.

- гелиотермальная энергетика — нагревание поверхности, поглощающей

солнечные лучи, и последующее распределение и использование тепла (фокусирование солнечного излучения на сосуде с водой или солью для последующего использования нагретой воды для отопления, горячего водоснабжения или в паровых электрогенераторах). В качестве особого вида станций гелиотермальной энергетике принято выделять солнечные системы концентрирующего типа (CSP — Concentrated solar power). В этих установках энергия солнечных лучей с помощью системы линз и зеркал фокусируется в концентрированный луч света. Этот луч используется как источник тепловой энергии для нагрева рабочей жидкости, которая расходуется для электрогенерации по аналогии с обычными ТЭЦ или накапливается для сохранения энергии. Преобразование солнечной энергии в электричество осуществляется с помощью тепловых машин:

- двигатель Стирлинга;
- газовая турбина

- термовоздушные электростанции (преобразование солнечной энергии в энергию воздушного потока, направляемого на турбогенератор).

- солнечные аэростатные электростанции (генерация водяного пара внутри баллона аэростата за счет нагрева солнечным излучением поверхности аэростата, покрытой селективно-поглощающим покрытием). Преимущество — запаса пара в баллоне достаточно для работы электростанции в темное время суток и в ненастную погоду.

#### Достоинства:

- Перспективность, доступность и неисчерпаемость источника энергии в условиях постоянного роста цен на традиционные виды энергоносителей.

- Теоретически, полная безопасность для окружающей среды, хотя существует вероятность того, что повсеместное внедрение солнечной энергетики может изменить альбедо (характеристику отражательной (рассеивающей) способности) земной поверхности и привести к изменению климата (однако при современном уровне потребления энергии это крайне маловероятно).

#### **Недостатки:**

- Зависимость от погоды и времени суток.

- Сезонность в средних широтах и несовпадение периодов выработки энергии и потребности в энергии. Нерентабельность в высоких широтах.

- Как следствие, необходимость аккумуляции энергии.

- При промышленном производстве — необходимость дублирования солнечных ЭС маневренными ЭС сопоставимой мощности.

- Высокая стоимость конструкции, связанная с применением редких элементов (к примеру, индий и теллур).

- Необходимость периодической очистки отражающей/поглощающей поверхности от загрязнения.

- Нагрев атмосферы над электростанцией.

#### **Фундаментальные исследования:**

- Из-за теоретических ограничений в преобразовании спектра в полезную энергию (около 30 %), для фотоэлементов первого и второго поколения требуется использование больших площадей земли под электростанции. Например, для электростанции мощностью 1 ГВт это может быть несколько десятков квадратных километров (для сравнения, — гидроэнергетика, при таких же мощностях, выводит из пользования заметно большие участки земли), но строительство солнечных электростанций такой мощности может привести к изменению микроклимата в прилегающей местности и поэтому в основном устанавливаются фотоэлектрические станции мощностью 1—2 МВт недалеко от потребителя или даже индивидуальные и мобильные установки. Фотоэлектрические элементы на крупных солнечных электростанциях устанавливаются на высоте 1,8—2,5 метра, что позволяет использовать землю под электростанцией для

сельскохозяйственных нужд, например, для выпаса скота. Проблема нахождения больших площадей земли под солнечные электростанции решается в случае применения солнечных аэростатных электростанций, пригодных как для наземного, так и для морского и для высотного базирования.

- Поток солнечной энергии, падающий на установленный под оптимальным углом фотоэлемент, зависит от широты, сезона и климата и может различаться в два раза для заселённой части суши (до трёх с учётом пустыни Сахары) Атмосферные явления (облака, туман, пыль и др.) не только изменяют спектр и интенсивность падающего на поверхность Земли солнечного излучения, но и изменяют соотношение между прямым и рассеянным излучениями, что оказывает значительное влияние на некоторые типы солнечных электростанций, например, с концентраторами или на элементах широкого спектра преобразования.

#### **Прикладные исследования:**

- Фотоэлектрические преобразователи работают днём и с меньшей эффективностью работают в утренних и вечерних сумерках. При этом пик электропотребления приходится именно на вечерние часы. Кроме того, производимая ими электроэнергия может резко и неожиданно колебаться из-за смены погоды. Для преодоления этих недостатков на солнечных электростанциях используются эффективные электрические аккумуляторы (на сегодняшний день это недостаточно решённая проблема), либо преобразуют в другие виды энергии, например, строят гидроаккумулирующие станции, которые занимают большую территорию, или концепцию водородной энергетики, которая недостаточно экономически эффективна. На сегодняшний день эта проблема просто решается созданием единых энергетических систем, которые перераспределяют вырабатываемую и потребляемую мощность. Проблема некоторой зависимости мощности солнечной электростанции от времени суток и погодных условий решается также с помощью солнечных аэростатных электростанций.

- Сравнительно высокая цена солнечных фотоэлементов. С развитием технологии и ростом цен на ископаемые энергоносители этот недостаток преодолевается. В 1990—2005 гг.

цены на фотоэлементы снижались в среднем на 4 % в год.

- Поверхность фотопанелей и зеркал (для тепломашинных ЭС) нужно очищать от пыли и других загрязнений. В случае крупных фотоэлектрических станций, при их площади в несколько квадратных километров это может вызвать затруднения, но применение отполированного стекла на современных солнечных батареях решает эту проблему.

- Использование одно- и двухосевых трекеров (следящих систем) и систем с изменяемым углом наклона фотоэлектрических модулей позволяет оптимизировать угол падения солнечных лучей на модули в зависимости от времени суток и времени года. Однако практика показала низкую эффективность этих систем ввиду их высокой стоимости (относительно стремительно дешевеющих фотомодулей), дополнительных затрат энергии (для трекеров) либо на работы по изменению угла наклона (для систем с изменяемым углом), невысокой надёжности, в частности - ввиду постоянных атмосферных воздействий, необходимости регулярного обслуживания и ремонтов, а также повреждений модулей и электрического оборудования, вызванных регулярными механическими операциями.

- Эффективность фотоэлектрических элементов падает при их нагреве (в основном это касается систем с концентраторами), поэтому возникает необходимость в установке систем охлаждения, обычно водяных. Также в фотоэлектрических преобразователях третьего и четвёртого поколений используют для охлаждения преобразование теплового излучения в излучение наиболее согласованное с поглощающим материалом фотоэлектрического элемента (так называемое up-conversion), что одновременно повышает КПД.

- Через 30 лет эксплуатации эффективность фотоэлектрических элементов начинает снижаться. Отработавшие своё фотоэлементы, хотя и незначительная их часть, в основном специального назначения, содержат компонент (кадмий), который недопустимо выбрасывать на свалку. Нужно дополнительное расширение индустрии по их утилизации.

#### **Экологические проблемы**

При производстве фотоэлементов уровень загрязнений не превышает

допустимого уровня для предприятий микроэлектронной промышленности. Современные фотоэлементы имеют срок службы 30—50 лет. Применение кадмия связанного в соединениях, при производстве некоторых типов фотоэлементов с целью повышения эффективности преобразования, ставит сложный вопрос их утилизации, который тоже не имеет пока приемлемого с экологической точки зрения решения, хотя такие элементы имеют незначительное распространение, и соединениям кадмия при современном производстве уже найдена достойная замена.

В последнее время активно развивается производство тонкоплёночных фотоэлементов, в составе которых содержится всего около 1 % кремния, по отношению к массе подложки, на которую наносятся тонкие плёнки. Из-за малого расхода материалов на поглощающий слой, здесь кремния, тонкоплёночные кремниевые фотоэлементы дешевле в производстве, но пока имеют меньшую эффективность и неустранимую деградацию характеристик во времени. Кроме того, развивается производство тонкоплёночных фотоэлементов на других полупроводниковых материалах, достойный конкурент кремнию. Так, например, в 2005 году некоторые компании приняли решение сконцентрироваться на производстве тонкоплёночных элементов, и продали свой бизнес по производству монокристаллических (нетонкоплёночных) кремниевых фотоэлектрических элементов.

Солнечные концентраторы вызывают большие по площади затенения земель, что приводит к сильным изменениям почвенных условий, растительности и т.д. Нежелательное экологическое действие в районе расположения станции вызывает нагрев воздуха при прохождении через него солнечного излучения, сконцентрированного зеркальными отражателями. Это приводит к изменению теплового баланса, влажности, направления ветров; в некоторых случаях возможны перегрев и возгорание систем, использующих концентраторы, со всеми вытекающими отсюда последствиями. Применение низкокипящих жидкостей и неизбежные их утечки в солнечных энергетических системах во время длительной эксплуатации могут привести к значительному загрязнению питьевой воды. Особую опасность представляют жидкости,

содержащие хроматы и нитриты, являющиеся высокотоксичными веществами.

### Распространение солнечной энергетики

В 2010 году 2,7 % электроэнергии Испании было получено из солнечной энергии.

В 2011 году около 3 % электроэнергии Италии было получено из фотоэлектрических установок.

В декабре 2011 года на Украине завершено строительство последней, пятой, 20-мегаваттной очереди солнечного парка в *Перово*, в результате чего его суммарная установленная мощность возросла до 100 МВт. Солнечный парк *Перово* в составе пяти очередей стал крупнейшим парком в мире по показателям установленной мощности. За ним следуют канадская электростанция *Sarnia* (97 МВт), итальянская *Montalto di Castro* (84,2 МВт) и немецкая *Finsterwalde* (80,7 МВт). Замыкает мировую пятерку крупнейших фотоэлектрических парков — 80-мегаваттная электростанция *Охотниково* в Сакском районе Крыма. Ещё одна солнечная электростанция мощностью 100 кВт была запущена в сентябре 2010 года в Белгородской области.

### Альтернативное мнение на перспективы солнечной энергетики

Процент обеспечения потребностей человечества к 2050 году электроэнергией, полученной на СЭС — это вопрос стоимости 1 кВт/ч при установке солнечной электростанции «под ключ» и развитости мировой энергетической системы, а также сравнительной привлекательности других способов получения электроэнергии. Гипотетически это может быть от 1 % до 80 %. Одно из чисел в этом диапазоне точно будет соответствовать истине.

В 2005 году мир прошел пик добычи нефти и с тех пор углеводородное сырьё постепенно и неуклонно иссякает с ускоряющимися темпами в 5—7% в год, поэтому через 15—25 лет нефть и газ уже не будут массово использовать как топливо, и мир вынужден будет переходить полностью на альтернативные источники энергии. Энергоокупаемость солнечной электростанции значительно меньше 30 лет. Так, для США, при средней мощности солнечного излучения в 1700 кВт·ч на м<sup>2</sup> в год, энергоокупаемость поликристаллического кремниевого модуля с

КПД 12 % составляет менее 4 лет (данные на январь 2011).

В России перспективы развития солнечной энергетики остаются неопределёнными, страна многократно отстаёт от уровня генерации европейских стран. Доля солнечной генерации составляет менее 0,001 % в общем энергобалансе. К 2020 году запланирован ввод около 1,5—2 ГВт мощностей. Общая мощность солнечной генерации может увеличиться в тысячу раз, однако составит менее 1 % в энергобалансе. В перспективе планируется помещать установки в изолированных от энергосетей районах

### Использование солнечной энергии в химическом производстве

Солнечная энергия может применяться в различных химических процессах. Например:

- Израильский Weizmann Institute of Science в 2005 году испытал технологию получения неокисленного цинка в солнечной башне. Оксид цинка в присутствии древесного угля нагревался зеркалами до температуры 1200\*С на вершине солнечной башни. В результате процесса получался чистый цинк. Далее цинк можно герметично упаковать и транспортировать к местам производства электроэнергии. На месте цинк помещается в воду, в результате химической реакции получается водород и оксид цинка. Оксид цинка можно ещё раз поместить в солнечную башню и получить чистый цинк. Технология прошла испытания в солнечной башне канадского Institute for the Energies and Applied Research.

Швейцарская компания Clean Hydrogen Producers (СНР) разработала технологию производства водорода из воды при помощи параболических солнечных концентраторов. Площадь зеркал установки составляет 93 м<sup>2</sup>. В фокусе концентратора температура достигает 2200\*С. Вода начинает разделяться на водород и кислород при температуре более 1700\*С. За световой день 6,5 часов (6,5 кВт·ч/кв.м.) установка СНР может разделять на водород и кислород 94,9 литров воды. Производство водорода составит 3800 кг в год (около 10,4 кг в день).

### Л и т е р а т у р а

1. Олійник Я.Б., Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. Основи екології.: Навч. посібник «Знання». -К. 2012-558 с.

2. Царик Л.П., Вітенко І.М. Екологія: підруч. загальноосвіт. навч. закл.: профіл. рівень /.-К.: Генеза, 2010 - 240 с.

3. Хаскин Л. И. «Башня из ветроэнергетических модулей», «Наука и Жизнь» № 9, 2003 год (Проверено 15 сентября 2009)

4. Наукове видання. Збірник статей «Планета наш дім» ст. 29-31 Планета-наш дом: Сб.ст. (Міжнародн. молод. науч. конф., , г. Алчевск, 16 апреля 2010 г.) – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – 212 с

5. Коробкин В.И. Экология. Учебник для вузов/ В.И.Коробкин, Л.В. Передельский. Изд. 10-е.- Ростов н/Д: Феникс, 2006.- 576 с

**Дем'яненко Т.І., Тузман А.С. Сонячна енергетика – альтернатива життя.**

*Сонячна енергетика - напрямок альтернативної енергетики. засноване на безпосередньому використанні сонячного випромінювання для отримання енергії в будь-якому вигляді. Сонячна енергетика використовує відновлювані джерела енергії і є «екологічно чистою», тобто не виробляє шкідливих відходів під час активної фази використання. Виробництво енергії за допомогою сонячних електростанцій добре узгоджується з концепцією розподіленого виробництва енергії.*

**Ключові слова:** *геліоустановки, альтернативна енергетика, сонячний потік*

**Demyanenko Tatiana I., Tuzman A.S. Solar energy, alternative life**

*Solar energy - the direction of alternative energy. based on the direct use of solar radiation to generate energy in any form. Solar energy uses renewable energy and is "clean," that is not generating hazardous waste during the active phase of use. Energy production using solar power is agreed well with the concept of distributed power generation.*

**Key words:** *solar, alternative energy, solar flux, solar radiation.*

**Дем'яненко Тат'яна Игоревна,** старший преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин. Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства. Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

**Тузман Анна Сергеевна,** лаборант кафедры городского и промышленного строительства. Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства. Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

УДК 628.14:699.87

## ПОВЫШЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ БЕТОННЫХ ТРУБ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

**Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю.**

## INCREASED BIOLOGICAL RESISTANCE OF SEWER PIPES OF CONCRETE PHYSICO-CHEMICAL METHOD

**Drozd G.Y., Hvortova M.Y.**

*Выполнено исследование влияния технологии первично-вторичной защиты бетона на формирование и развитие нестационарного процесса биокоррозии бетонных труб, эксплуатация которых происходит в условиях размножения на фоне пористой структуры бетона микроорганизмов - бидеструкторов по схеме цепной реакции в пределах аэробной – жидкостно-питательной среды с опосредованным учётом переменного водородного показателя рН. Полученные результаты позволяют непосредственно влиять на технологию производства средств защиты бетонных труб с минимально рациональной толщиной стенки при*

*наличии арматурного каркаса (в частности, применение технологии флюатирования). Экспериментально доказано, что химическая обработка особо плотных бетонов методом флюатирования способствует повышению их биологической и коррозионной стойкости.*

**Ключевые слова:** *канализационные трубы, бетон, коррозия, флюатирование, микроорганизмы.*

**Постановка проблемы.** Канализационные трубопроводы под действием биологически активной эксплуатационной среды интенсивно корродируют и имеют

специфическое разрушение сводовой части (рис. 1 [1]). Основной агент коррозии – серная кислота, являющаяся продуктом жизнедеятельности тионовых бактерий [1, 2].



Рис. 1. Коррозионное разрушение канализационных труб газово-биогенной эксплуатационной средой

В соответствии с п. 5.10 ДСТУ [3] защита бетона от действия биологически активных сред может быть обеспечена снижением проницаемости бетона для бактерий и увеличением его механической прочности.

#### **Анализ последних исследований.**

Скорость химического разрушения бетона во многом определяется не только значением pH раствора кислоты, продуцируемой бактериями, но и качеством поверхностного слоя труб – плотностью и прочностью бетона [2]. От этих двух показателей зависит поражаемость бетонного поверхностного слоя гифами грибов, которые при своём проникновении в поры бетона разрыхляют его (механическое разрушение) и облегчают доступ кислоты в поверхностный слой бетонной трубы [4-6].

Специалистами-материаловедами предлагаются способы защиты бетона от коррозии и повышения его долговечности путем использования химически стойких материалов – пластиков и керамических облицовок [7]. Этот подход к защите материала трубопроводов основан на представлении только о бактериальном воздействии на бетон [7, 8]. С учётом существенного вклада в коррозионный процесс грибной микрофлоры [2, 4-6], представляется возможным существенно замедлить биодеструкцию бетонных канализационных трубопроводов путём их комплексной первичной и вторичной защиты. В качестве первичной защиты предлагается использование особо плотных

бетонов с водонепроницаемостью  $W-8 \div W-20$  [3, 9], а в качестве вторичной защиты осуществлять их химическую обработку - флюатирование поверхности бетонных конструкций [10].

Известно [10], что метод флюатирования используется для защиты бетонных конструкций от действия промышленной атмосферы, содержащей различные кислые газы. Атмосфера самотечных канализационных коллекторов аналогична промышленной атмосфере по содержанию таких газов как  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  и  $NO_x$  [1].

Сущность флюатирования заключается в обработке готового изделия растворами кремнефтористоводородной кислотой  $H_2SiF_6$  или её солями.

Так, при действии флюата кремнефтористого магния  $MgSiF_4$  на гидроксид кальция  $Ca(OH)_2$  бетона образуется практически нерастворимый фторид кальция  $CaF_2$  и кремнезём  $SiO_2$



Растворимость фторида кальция  $CaF_2$  в 20 раз меньше растворимости гидроксида кальция  $Ca(OH)_2$  - основной составляющей цементного камня бетона.

В результате флюатирования в поверхностном слое бетона происходят положительные изменения [10]:

- прочность возрастает до 50 %;
- стойкость к истиранию возрастает до 10 раз;
- снижается впитывающая способность и возрастает поверхностная плотность;
- значительно возрастает стойкость к химически агрессивным средам.

Исходя из вышесказанного, понятен интерес к исследованию коррозионной стойкости (биостойкости) особо плотного флюатированного бетона.

**Цель исследования.** Экспериментально оценить биостойкость особо плотного флюатированного бетона в условиях эксплуатационной среды канализационных коллекторов.

**Методика исследований.** Изготовлена серия контрольных образцов особо плотного бетона (кубы  $10 \times 10 \times 10$  см) на портландцементе Амвросиевского цементного завода, гранитном щебне и кварцевом песке, табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Характеристика особо плотного бетона**

Марка по водо-непроницаемости	Расход материала, кг на 1 м <sup>3</sup>				Осадка конуса, (см)	Жесткость, (сек)	В / Ц	Плотность, ρ, (кг / дм <sup>3</sup> )
	цемент	песок	щебень	вода				
W 10	409	534	1385	143	1,3	16	0,35	<b>2,42</b>

Вторая серия образцов (флюатированных) отличалась от первой чередующейся их пропиткой 3 % раствором кремнефтористоводородной кислоты H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> и насыщенным раствором гидроксида кальция Ca(OH)<sub>2</sub> по [10].

Образцы бетонов, контрольные и флюатированные были помещены на длительные испытания (12 месяцев) в реальную эксплуатационную газоздушную среду действующего канализационного коллектора (коллектор № 7, города Донецка).

Контроль над биологическим поражением поверхности образцов осуществлялся методом прямого микросканирования на микроскопе „OLYMPUS CX” (Япония) с выделением грибной микрофлоры на среде Чапека по методике [11].

Исходя из предположения, что химическое действие биологически активной среды на бетон аналогично действию кислоты [1], контрольные и флюатированные образцы параллельно испытывались в эксикаторах с 0,001 Н раствором серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (рН = 3).

**Изложение основного материала исследований.** Флюатирование бетона привело к увеличению его плотности, вследствие чего водопоглощение флюатированного бетона снизилось с 3,8 % до 3,3 %. Это обстоятельство подтверждается микрофотографией шлифа поверхностного слоя бетона (из слоя ок. 10 мм),

(рис. 2). Объем пор материала кольматирован продуктами реакции флюатирования – фторидом кальция CaF<sub>2</sub> и кремнезёмом SiO<sub>2</sub>.

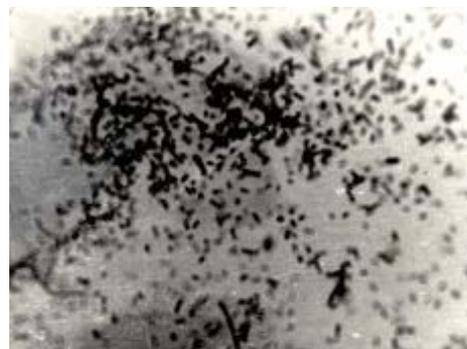
Развитие и контакт бактериальных клеток на нефлюатированных и флюатированных поверхностях бетона происходит по-разному. На нефлюатированной поверхности контрольных образцов наблюдается обильное бактериальное заселение с кислотным поражением бетона в виде микроязв (рис. 3, а). На флюатированных образцах после 10-и месяцев экспозиции в биологически активной среде бактериальные клетки не активны по отношению к бетону (рис. 3, б).



Рис. 2. Поровые каналы цементного камня бетона, заполненные продуктами флюатирования (светлая область). Увеличение × 500



а)



б)

Рис. 3. Бактериальное поражение а) – нефлюатированного бетона, б) – флюатированного бетона Увеличение × 900.

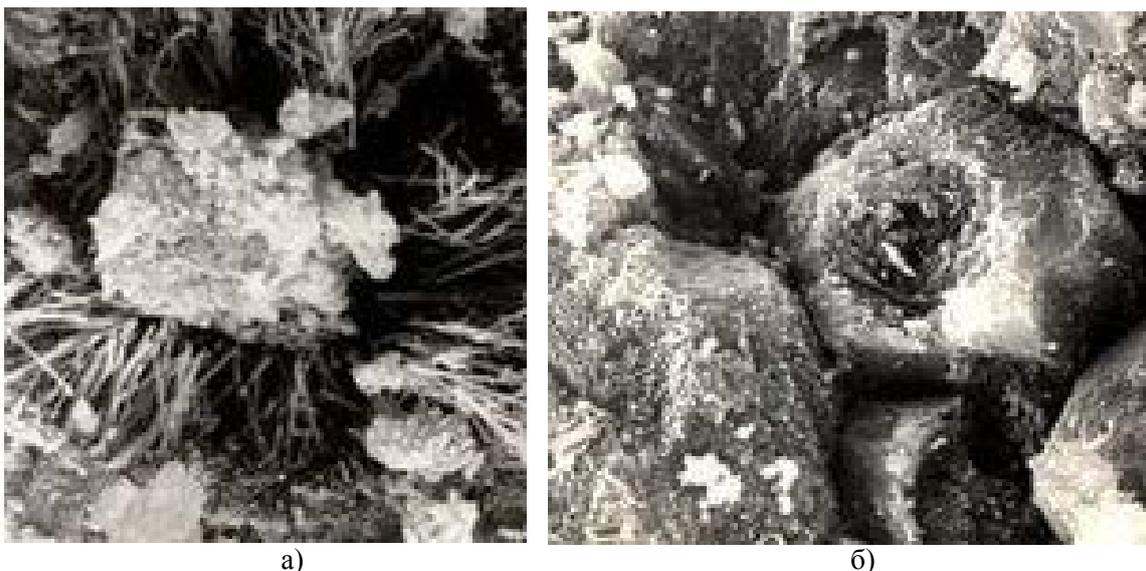


Рис. 4. Поражение микроскопическими грибами и разрушение гифами поверхностного слоя  
а) – нефлюатированного бетона, б) – флюатированного бетона  
Увеличение  $\times 1800$ .



Рис. 5. Чашки Петри с выделенной культурой грибов с поверхности нефлюатированного бетона (слева) и отсутствием грибного заражения на флюатированном образце (справа)

Поверхность контрольных нефлюатированных образцов бетона параллельно с действием бактерий активно подвергается механическому разрушению гифами грибов (рис. 4, а) в отличие от флюатированных образцов, где присутствие грибов на данном этапе экспозиции не отмечено (рис. 4, б). Данный факт подтверждается выделением на питательных средах колоний грибов с поверхности бетона (рис. 5).

Выполненные микробиологические исследования лишь качественно подтверждают преимущества в биостойкости особо плотного

флюатированного бетона в сравнении с нефлюатированным.

Количественная предварительная оценка влияния флюатирования на коррозионное химическое разрушение проведена путём сопоставления коэффициентов стойкости образцов бетона в условиях газовой-воздушной и модельной сернокислотной сред (рис. 6).

На рис. 7 приведены зависимости коррозионной стойкости бетонов в различных средах.

Повышение коррозионной стойкости в течение первых 6-и месяцев нефлюатированного образцов в газовой-

воздушной эксплуатационной среде можно объяснить карбонизацией и уплотнением бетона, а в условиях раствора кислоты упрочнение бетона вызвано, вероятно, образованием гипса и этtringита.

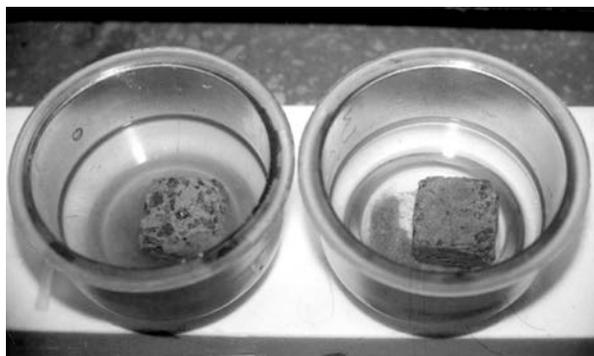


Рис. 6. Вид нефлюорированного (слева) и флюорированного (справа) образцов бетона после 12 месяцев испытания в 0,001N растворе серной кислоты

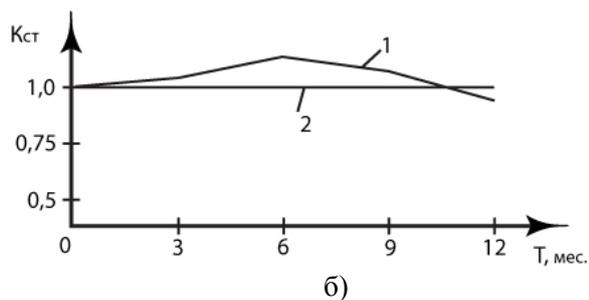
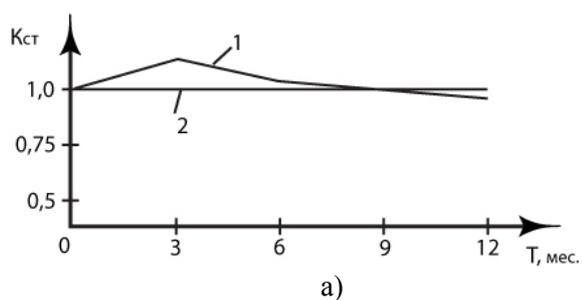


Рис. 7. Зависимости коэффициента стойкости ( $K_{ст}$ ) нефлюорированного (1) и флюорированного (2) бетонов в условиях газовой-воздушной эксплуатационной среды коллекторов (а) и модельной сернокислотной среды (б)

После 6-и и 9-и месяцев соответственно коэффициент стойкости нефлюорированного бетона начинает снижаться. Динамика снижения невелика, что объясняется свойствами особо плотного бетона. Флюорированные образцы бетона имели стабильный коэффициент стойкости, равный

единице за весь период наблюдений, что объясняется вкладом химической обработки бетона.

**Выводы.** На основании результатов экспериментальных исследований:

1. Доказано, что химическая обработка бетонов методом флюорирования способствует повышению их биологической и коррозионной стойкости.

2. Показано, что повышение долговечности бетонных канализационных трубопроводов, работающих в условиях биологически активных эксплуатационных сред можно осуществить комбинированным физико-химическим методом, основанным на использовании особо плотных бетонов (первичная защита) с химической обработкой готовых изделий растворами кремнефтористоводородной кислоты  $H_2SiF_6$  или её солями (вторичная защита бетона).

### Литература

1. Дрозд Г.Я. Коррозионные разрушения, прогнозирование степени агрессивности эксплуатационной среды и обеспечение надёжности канализационных коллекторов на стадии проектирования // *Вода и экология. Проблемы и решения.* – Санкт-Петербург, № 1, 2013 (53), С. 40-59.
2. Дмитриева Е.Ю. Микроорганизмы – биодеструкторы подземных канализационных сооружений / Е.Ю. Дмитриева // *Вода и экология. Проблемы и решения.* – 2013 – №1. – С. 20-39.
3. ДСТУ Б В.2.6 – 145:2010. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 31384:2008; NEQ). Київ: Міненергобуд України, 2010, 52 с.
4. Cho K-S., Mori T. 1995. A newly isolated fungus participates in the corrosion of concrete sewer pipes. *Water Science and Technology*, 31, – С. 263-271.
5. Nica D., Davis J.L., Kirby L., Zuo G., Roberts D.J. Isolation and characterization of microorganisms involved in the biodeterioration of concrete in sewers. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2000. P. 46, 61-68.
6. Gu Ji-Dong, Fordb T.E., Berkec N. S, Mitchell R. Biodeterioration of concrete by the fungus *Fusarium*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 1998. P. 41, 101-109.1
7. Штарк И., Вихт Б. Долговечность бетона / Пер. с нем. под ред. Кривенко П.В. – Киев.: Оранта, 2004 - С. 249-253
8. Гусев Б.В., Файвусович А.С., Степанова В.Ф., Розенталь Н.К. Математические модели процессов коррозии бетона. – М.: ИИЦ «Тимр», 1996. – 104 с.

9. В.И. Бабушкин. Защита строительных конструкций от коррозии старения и износа. – Харьков: Вища школа, 167 с.

10. Инструкция по защите железобетона и каменной кладки лакокрасочными и гидрофобизирующими покрытиями. – Москва: Госиздательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам. 1960. – 60 с.

11. Андреев Е., Билай В., Коваль Э., Козлова И. Микробная коррозия и ее возбудители. Киев: Наукова думка, 1980. 288 с.

**Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. Підвищення біологічної стійкості каналізаційних бетонних труб фізико-хімічним методом.**

*Виконано дослідження впливу технології первинно-вторинного захисту бетону на формування і розвиток нестационарного процесу біокорозії бетонних труб, експлуатація яких відбувається в умовах розмноження на тлі пористої структури бетону мікроорганізмів - біодеструкторів за схемою ланцюгової реакції в межах аеробного - рідинно- живильного середовища з опосередкованим урахуванням змінного водневого показника рН. Отримані результати дозволяють безпосередньо впливати на технологію виробництва засобів захисту бетонних труб з мінімально раціональної товщиною стінки при наявності арматурного каркаса (зокрема, застосування технології флюатування). Експериментально доведено, що хімічна обробка особливо цільних бетонів методом флюатування сприяє підвищенню їх біологічної і корозійної стійкості.*

**Ключові слова:** каналізаційні труби, бетон, корозія, флюатування, мікроорганізми.

**Drozd G.Y., Hvortova M.Y. Increased biological resistance of sewer pipes of concrete physico-chemical method.**

*The research of the influence of technology of primary secondary protection of concrete on the formation and development of non-stationary process biocorrosion concrete pipes, the operation of which takes place in the conditions of reproduction on the background of the porous structure of concrete microorganisms biodestructorov scheme chain reaction within the aerobic - liquid-culture medium with the indirect view of alternating hydrogen pH indicator. The results allow to directly influence the production technology of protection of concrete pipes with a minimum wall thickness of sound in the presence of the reinforcing cage (in particular, the reinforcement of the use of technology). Experiments proved that the chemical treatment method particularly dense concrete reinforcement improves their biological and corrosion resistance.*

**Keywords:** sewer pipes, concrete, corrosion, reinforcement, micro-organisms.

**Дрозд Геннадий Яковлевич**, д.т.н., профессор, Профессор, ГОУ ВПО ЛНР «Институт строительства, архитектуры и ЖКХ Луганского университета им. Владимира Даля».

**Хвортова Марина Юрьевна**, к.т.н., доцент, доцент ГОУ ВПО ЛНР «Институт строительства, архитектуры и ЖКХ Луганского университета им. В. Даля».

**ВЕСТНИК  
ЛУГАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ  
№ 2 2016**

**Научный журнал**

Ответственный за выпуск	Андрийчук Н.Д.
Редактор	Минина Я.В.
Оригинал-макет	Гриниченко Е.А.

Подписано к печати  
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times  
Условных. печатных. стр.    Обл. печать. стр.  
Тираж 300 экз. Изд. №    . Заказ №

**Издательство Луганского государственного университета  
имени Владимира Даля**

*Свидетельство о регистрации серия МИ-СГР ИД 000003 от 20.11.2015 г.*

91034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20,а.  
e-mail: izdat.lguv.dal@gmail.com