

На правах рукописи

ГУЛИЕВ ФИКРЕТ САТТАР оглы

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА
ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ И ТЕХНОЛОГИИ
ДООЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОКОВ С
ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ЗАСУШЛИВЫХ
РАЙОНОВ АЗЕРБАЙДЖАНА**

Специальность: 3308.01 – Инженерность и экология
окружающей среды

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

БАКУ – 2013

Работа выполнена в Азербайджанском Научно-Исследовательском Институте Водных Проблем (АзНИИ Водных Проблем) ОАО Мелиорации и Водного Хозяйства Азербайджана

Научный консультант - д.т. н., действительный член Академии Проблем Водохозяйственных Наук РФ
Э.С.Ганбаров

Официальные оппоненты:

д.т.н., проф. **В.Г.Пономарев**

д.т.н., проф., член-корр. НАН Азербайджана **Р.М.Мамедов**

д.т.н., проф. **Ф.А.Абилов**

Ведущая организация: НПО «Азербайджанский Научно – Исследовательский Институт Гидротехники и Мелиорации» (АзНИИГИМ)

Защита состоится « 20 » декабря 2013 года в 11⁰⁰ час. на заседании разового Диссертационного Совета при Азербайджанском Архитектурно-Строительном Университете по адресу: Аз 1073, Баку, ул. А.Султановой, 5, Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет, 1-й учебный корпус, актовый зал, комната 317.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Азербайджанского Архитектурно-Строительного Университета.

Отзыв на автореферат в 2-х экземплярах, заверенный печатью, просим направить по вышеуказанному адресу на имя ученого секретаря разового Диссертационного Совета.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2013 г.

Учёный секретарь

Диссертационного Совета В/Д 02.042,

д.ф. по физ.-мат.н., доцент

Исаев А.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В ряде населенных пунктах республики, расположенных в районах с засушливым климатом с годовым количеством осадков менее 300 мм и, особенно, в пересеченных местностях, во время выпадения сильных дождей и ливней происходит затопление городских территорий как при отсутствии, так и недостаточной отводоспособности сетей дождевой канализации.

Для предупреждения нарушений работы системы отвода дождевых вод по подземным сетям дождевых канализаций с учетом выпадения сильнейших дождей требуется иной подход к прогнозированию количества дождевого стока, учитывающего местные климатические и прочие особенности, сложность выполнения которого связана с изменчивыми, еще недостаточно изученными процессами формирования дождевого стока, зависящими от сложного сочетания климатических и других факторов.

Рекомендуемый в настоящее время действующей методикой подход к определению расчетных расходов дождевых стоков, к установлению их составляющих - норм интенсивности и наивыгоднейшей частоты затопления, производству расчета для определения сечений дождевых сетей водоотведения, обеспечивающих безопасность сооружений и сохранность нормальных условий жизни города, неприемлем для населенных пунктов, расположенных в районах Азербайджана с засушливым климатом, не соответствует возрастающим требованиям к отведению поверхностного стока и уровню науки на современном этапе.

Выполняемые в этом направлении с 1968 г. по настоящее время научные исследования позволили создать обоснованную методику расчета водоотводящих сетей поверхностных стоков с застроенных территорий для засушливых районов Азербайд-

жана, являющейся актуальной проблемой, имеющей важное народнохозяйственное значение.

Перспективность создания при отдельной системе водоотведения предложенной технологической схемы централизованной очистки наиболее загрязненной части поверхностного стока и применения схемы безреагентной доочистки стока определяет актуальность настоящей диссертационной работы.

Целью диссертационной работы является разработка норм дождевого стока для систем водоотведения, обоснованной методики расчета расходов различной обеспеченности, предусматривающей запас их надежности, создание усовершенствованной методики определения сечений дождевых сетей водоотведения, ускоренного метода определения сечений сетей для загрязненных стоков и разработка безреагентной технологии доочистки поверхностных стоков с застроенных территорий для засушливых районов Азербайджана.

Задачи исследований. Для достижения поставленной цели рассматривались задачи, решения которых выносятся на защиту:

- уточнение формулы расчетной интенсивности дождя для проектируемых дождевых сетей в засушливых районах Азербайджана с установлением её параметров для отдельных населенных пунктов республики;

- разработка методики определения расчетного периода однократного превышения расчетной интенсивности дождя с учетом аккумулярующего действия проезжей части улиц и усовершенствованной методики расчета по непосредственному определению сечений дождевых сетей водоотведения;

- разработка ускоренного метода определения сечений сетей водоотведения загрязненных стоков;

- разработка практического способа определения сечений разгрузочных коллекторов реконструируемых существующих систем водоотведения;

- теоретическое исследование технологических процессов механической очистки поверхностного стока при отдельной

системе водоотведения и безреагентной доочистки поверхностного стока в комбинированных компактных устройствах;

– экспериментальные исследования безреагентных режимов работы опытных установок в лабораторных и производственных условиях;

– эколого-экономическая оценка водоохраных решений при организации отведения и очистки поверхностных стоков.

Практическая ценность работы заключается:

- в разработке усовершенствованной методики расчета по непосредственному определению размеров дождевых сетей водоотведения, позволяющей выполнять гидравлические расчеты водоотводящих сетей с использованием выведенных зависимостей, разработанного алгоритма расчета, составленных таблиц и номограмм, качественно улучшающих и ускоряющих процесс проектирования;

- в разработке технического решения по перехвату стоков отдельных выпусков сборным коллектором с последующим аккумулярованием в резервуарах-накопителях и созданием в двух местах централизованной очистки наиболее загрязненной части поверхностного стока;

- в разработке технического решения по созданию системы водоотведения поверхностного стока с организацией самостоятельной очистки загрязненной его части в районе набережной бульвара, исключающей возможность попадания в водоем загрязненных дождевых и других стоков, качество которых не отвечает требованиям, предъявляемым к сбрасываемым стокам;

- в разработке технического решения по созданию системы водоотведения поверхностного стока с организацией очистки загрязненной его части на базе существующих сооружений механической очистки пос.Зых с последующей биологической доочисткой смешанного стока на существующих сооружениях Гоусанинской станции аэрации;

- в разработке технологической схемы безреагентной доочистки поверхностного стока в комбинированных водоочист-

ных устройствах и определении ее конструктивных и технологических параметров.

Научная новизна работы состоит:

- в теоретическом обосновании снижения норм интенсивности дождя с целью установления экономически наиболее выгодной частоты затопления для городских территорий засушливых районов республики, подверженных риску затопления;
- в создании научных основ принципиально новых методов расчета водоотводящих сетей, совершенствованных и упрощенных приемов расчета;
- в разработке технологического процесса безреагентной очистки поверхностного стока при раздельной системе водоотведения;
- в разработке технологии безреагентной доочистки поверхностных стоков на комбинированной установке «Плот-фильтр».

Реализация работы. Разработанные рекомендации для проектирования систем отведения поверхностных сточных вод г.Баку реализованы международным консорциумом MONTGOMERY WATSON в сотрудничестве с ASPI Consulting Engineers, Inc. («Азспецпроминвест») (1997-98 гг) при разработке Ген.схемы ливневой канализации в составе Мастер Плана «Реконструкция систем водоснабжения и канализации Большого Баку». Обновленные рекомендации использованы также TEKNO YAPI в 2012 г. при разработке Мастер Плана «Системы отвода дождевых вод Апшеронского полуострова».

Разработанные методы определения сечений дождевых сетей водоотведения и сетей водоотведения загрязненных стоков включены в учебники, применяются в учебном процессе и проектной практике.

Техническое решение по созданию при раздельной системе водоотведения централизованной очистки наиболее загрязненной части поверхностного стока перед выпуском в Бакинскую бухту представлены в Комитет Архитектуры и градостроительства Азербайджанской Республики и фирме TEKNO YAPI, подтвердившие возможность использования в качестве

одного из альтернативных методов решения указанного вопроса при разработке «Регионального плана развития Большого Баку» и «Мастер Плана канализации г.Баку».

Разработанные рекомендации для проектирования предложенной автором технологии безреагентной доочистки поверхностных стоков с использованием компактного устройства «Плот-фильтр», размещаемой в радиальных отстойниках очистных сооружений систем водоотведения поверхностных стоков малых и средних городов Азербайджанской Республики переданы для возможности внедрения заинтересованным организациям.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на: XXIX научной конференции проф.-преп. состава ЛИСИ (Ленинград, 1971); XXI научной конференции проф.-преп.состава АзПИ (Баку, 1971); IV Международном конгрессе «Энергетика, Экология и Экономика» (Баку, 1997); VI Международном конгрессе «Энергетика, Экология и Экономика» (Баку, 2002); Международной научно-практической конференции в АЗАСУ (Баку, 2006); Международной научно-практической конференции по теме «Чрезвычайные ситуации и окружающая среда» (Баку, 2009); Международном симпозиуме по теме «Снижение риска чрезвычайных ситуаций» ЕУИЦ (Баку, 2010); Международной научно-практической конференции по теме «Управление рисками» ЕУИЦ (Баку, 2011); Международной научно-практической конференции ЕУИЦ (Баку, 2011); Научно-практической конференции по теме «Развитие систем водоснабжения и водоотведения за 20-летний период независимости Азербайджанской Республики» (Баку, 2011); Международной научно-практической конференции «Перспективные разработки науки и техники» (Польша, Przemysl, 2011); VII Международной научно-практической конференции «Становление современной науки» (Прага, 2011); Каспийской Международной конференции «Водные технологии» (Баку, 2013).

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в двух монографиях и в 27 печатных работах, в том числе за рубежом - 9.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав и общих выводов, содержит 341 страницу, в том числе 34 таблиц, 44 рисунка, 18 схем, списка литературы из 209 наименований и 6 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе диссертации, состоящей из шести разделов, рассмотрены принципы расчета дождевой системы водоотведения по предельным интенсивностям, исследования по учету напорной отводоспособности и заполнения свободной емкости труб дождевой сети, проанализированы методы определения расчетных характеристик дождевого стока, способы вероятностного расчета дождевой канализации и учета потерь поверхностного стока, рассмотрены основы расчета дождевых сетей водоотведения с анализом методики определения расчетных расходов поверхностного стока.

Основой для гидравлического расчета водоотводящей сети поверхностных сточных вод являются расчетные расходы дождевых вод, формируемые такими важнейшими показателями как нормы интенсивности, вероятность их повторения и т.д.

В основе метода ЛНИИ АКХ по обработке записей самопишущих дождемеров по заранее намеченным периодам времени - исходного материала для установления нормы интенсивности дождей, отражен принцип по искусственной выборке максимальных интенсивностей из отдельных отрезков естественного хода (5,10...120 мин) с последующим расположением их в убывающем порядке, создающий условия невыгоднейшие для дождевой канализации. Анализ всего комплекса «искусственных» дождей данной местности в виде ранжированных рядов позволяет установить «мощность» отдельных дождей и убывание величины средней их интенсивности с увеличением

интервала времени (параметров A и n в формуле $q = A / t^n$) с оценкой полученным искусственным дождям с точки зрения их повторяемости.

При отсутствии длительных периодов наблюдений расчетную интенсивность дождя до 1985 г. нормами рекомендовалось определять по формуле М.В.Молокова (ЛНИИ АКХ), в которой:

$$A = 20^n q_{20} (1 + C \lg p) \quad , \quad (1)$$

где q_{20} , n и C – параметры, зависящие от географического положения пункта;

p – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя.

Из-за редкой сети самописцев дождя и недостаточности материалов наблюдений над дождями параметры формулы (1) q_{20} , n и C в нормах СНиП II-Г.6-62 были представлены в виде схем распределения отдельно по Европейской и Азиатской территории бывшего Союза без охвата значительной ее части.

Нормы СНиП 2.04.03-85 рекомендуют при отсутствии обработанных данных расчетную интенсивность дождя определять с помощью районных кривых редукции средней относительной интенсивности осадков с использованием расчетных характеристик дождевых осадков по всей территории бывшего Союза по методике Государственного гидрологического института (ГГИ), а параметр A определять по следующей формуле:

$$A = 20^n q_{20} \left(1 + \frac{\lg p}{\lg m_r}\right)^\gamma \quad , \quad (2)$$

где n , γ , m_r – параметры, значения которых приведены в таблице действующего СНиП для 34-х укрупненных климатических районов;

q_{20} – интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 мин при $p = 1$ год, определяемая из черт.1. СНиП 2.04.03-85 (разработана М.В.Молоковым и автором).

Сравнение расчетных характеристик дождевого стока – значений параметров формулы (2) q_{20} , n , m_r и $\beta = 1 / \gamma$, представленных А.М.Кургановым в специальных таблицах, с параметрами формулы (1) показало некоторое расхождение параметров A и n для ряда населенных пунктов, расположенных в засушливых районах.

При проектировании дождевых сетей, расположенных в южных засушливых районах бывшего СССР, допускаемое нормами СНиП II-32-74 снижение норм интенсивности дождя с целью установления для данной территории экономически наиболее выгоднейшей частоты затопления, из-за недостаточного обоснования приводило к необходимости принятия заниженных значений периода однократного превышения расчетной интенсивности p .

Рекомендуемые нормами и используемые в настоящее время в расчетах структура формулы коэффициента стока, значения коэффициента покрова z и показатели степени при интенсивности q и продолжительности дождя t установлены по результатам исследований стока, проведенных в условиях северных районов: в 1932-35 гг в Ленинграде (ЛНИИ АКХ, Н.Н.Белов и М.В.Молоков) и в 1939-1946 гг. в Москве (Л.Т.Абрамов).

Автором проведены исследования стока в типичных для засушливых южных районов климатических и почвенных условиях г.Баку на специально подготовленных стоковых площадках, подтвердившие рекомендованные нормами структуру формулы коэффициента стока и значения показателей степени при q и t . Значения коэффициентов покрова для грунтовых поверхностей $z_{np} = 0,12 \div 0,20$ оказались существенно отличающимися от нормативных и в значительной степени зависящими от влажности грунта опытных площадок (55 ÷ 75 % от полной влагоемкости), в связи с чем внесено примечание к таблице СНиП II-32-74 (сохранено и в СНиП 2.04.03-85), допускающего уточнение значений коэффициентов z и ψ по местным условиям на основании соответствующих исследований.

Сложность расчета дождевых систем водоотведения, вызванная необходимостью параллельного ведения гидрологического и гидравлического расчетов с применением метода последовательных приближений, прогнозирования аккумулирующего действия проезжей части улиц, достижения при подборе сечения максимальной близости расчетных расходов и пропускной способности трубопроводов, требует в определенной степени упрощения и совершенствования методик расчета.

Во второй главе, состоящей из четырех разделов, рассмотрены исследования по нормированию расчетных интенсивностей дождей в связи с переработкой предыдущих редакций нормативных документов, исследования закономерностей выпадения дождей в засушливых районах Азербайджана, районирование параметров расчетной интенсивности дождей для территории Азербайджана, разработка способов определения периода превышения p , обеспечивающих запас надежности сетей водоотведения.

Произведенный анализ результатов обработки материалов наблюдений над дождями по самопишущим дождемерам в ЛНИИ АКХ (М.В.Молоков) по всей Сибири и северо-западу бывшего Союза, а также автором по территории южных засушливых районов, включающих Среднюю Азию, южную часть Казахстана и низменные районы Азербайджана, климат которых отличается резко выраженной континентальностью и общей засушливостью, позволил под руководством М.В.Молокова и непосредственным участием автора составить в 1969-1970 гг. единые для территории бывшего Союза схемы распределения параметров формулы интенсивности с изолиниями интенсивности 20-минутного дождя q_{20} , показателя степени n , параметра C и x , включенные в редакцию норм СНиП II-32-74. На основе результатов исследований были уточнены некоторые положения по определению расчетных расходов дождевых вод в указанной редакции норм, которые частично сохранены в редакции норм СНиП 2.04.03-85.

В результате массовой обработки материалов наблюдений в южных засушливых районах бывшего Союза (в частности Азербайджанской Республики) со среднегодовыми количествами осадков менее 300 мм и периодом наблюдений, превышающим 10-15 лет, по 47 метеорологическим станциям с самопишущими дождемерами было установлено, что в пределах изменения продолжительности дождя $t = 10 \div 120$ мин интенсивность дождя достаточно точно отвечает зависимости, предложенной М.В.Молоковым (ЛНИИ АКХ), в которой параметр A определяется по формуле (1).

Автором на основе анализа ранжированных рядов и наблюдений над ливневыми дождями впервые был установлен для этих условий переменный характер показателя степени n в формуле (1) и предложено указанное учитывать путем введения поправочного множителя p^x (x – параметр, характеризующий особенность климата засушливых районов Средней Азии и Азербайджана - изменчивость выпадения осадков, изменяется в пределах $0.05 \div 0.15$ в зависимости от географического положения пункта).

В качестве примера рассмотрены результаты вывода формулы интенсивности дождей, установленные по материалам 50–летних наблюдений по самопишущему дождемеру метеостанции г.Баку, климатические условия которого являются типичными для южных засушливых районов. По материалам обработанных данных составлены графики зависимости интенсивности дождей от их продолжительности $q = f(t;p)$, показателя степени n от периода превышения $n = f(p)$ и параметра A от периода превышения $A = f(p)$. В результате математической обработки получены следующие уравнения, подтвердившие ранее полученные по материалам 42 –летних наблюдений:

$$A = 171 p^{0,58} \quad (3); \quad n = n' p^x = 0,55 \cdot p^{0,11} \quad (4) \quad \text{и} \quad q = \frac{171 p^{0,58}}{t^{0,55 p^{0,11}}} \quad (5)$$

С целью создания определенных удобств в проектной практике разработана математическая модель, учитывающая

изменение интенсивности дождей от их продолжительности при разных p , где рассмотрена возможность замены формулы степенного вида (5) общепринятой формулой логарифмического вида с соблюдением степени точности:

$$q = \frac{20^{np^x} q_{20} (1 + C \lg p)}{t^{np^x}} \quad (6)$$

В уравнении (6) были соответственно определены и уточнены параметры этой формулы q_{20} , n , C и x для территории республики.

Рекомендуемая нормами СНиП 2.04.03-85 формула интенсивности дождя с учетом зависимости (2) имеет вид:

$$q = \frac{A}{t^n} = \frac{20^n q_{20} (1 + \frac{\lg p}{\lg m_r})^\gamma}{t^n} \quad (7)$$

С целью приближения к общепринятой и рекомендованной нормами для обширной территории бывшего СССР формуле (7) последняя для южных засушливых районов может быть представлена с соблюдением достаточной для практических целей степени точности в следующем виде:

$$q = \frac{A}{t^{np^x}} = (20/t)^{np^x} q_{20} (1 + \lg p / \lg m_r)^\gamma \quad (8)$$

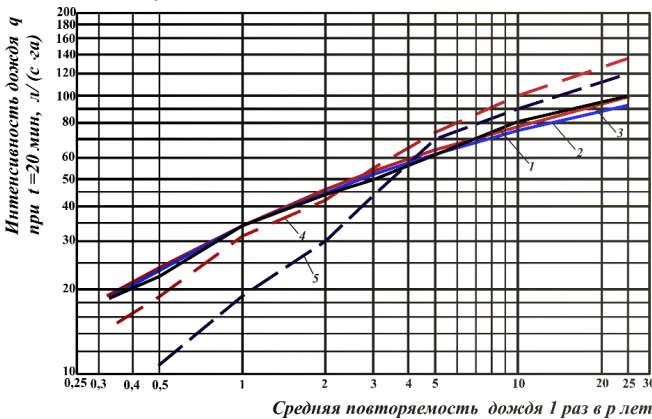


Рис.1. Зависимость интенсивности дождя q_{20} (при $t=20$ мин) от средней повторяемости дождя 1 раз в p лет для г. Баку:

1 – данные первичной обработки записей самописцев за период наблюдений 50 лет; 2 – данные расчетов по формуле СНиП II-32-74 (при $q_{20}=34$ л/(с·га); $n=0,55$; $x=0,11$; $C=1,2$); 3 – данные расчетов по формуле СНиП 2.04.03-85 (при $q_{20}=34$ л/(с·га); $n=0,55$; $x=0,11$; $m_r=56$; $\gamma=1/\beta=1/0,55=1,82$); 4 – по данным справочного пособия А.М.Курганова; 5 – по данным ЛИСИ.

Сравнение расчетных характеристик дождевого стока (рис.1), полученных по методу ГГИ (кривые 4 и 5), с данными первичной обработки записей самописцев за период наблюдений 50 лет (кривая 1) указывает на существенное расхождение значений интенсивности дождя q_{20} (при $t=20$ мин) при разных p для г. Баку. Однако, как видно из графика, сближение кривых 2 и 3 с кривой 1 наблюдается при использовании определенных значений показателей ($\beta=0,55$ взамен рекомендованных $\beta=0,45$).

В схеме распределения интенсивности q_{20} СНиП II-32-74 (сохраненной и в СНиП 2.04.03-85), автором были выделены отдельно два района (территории Азербайджана и Ферганской долины) с большой территориальной изменчивостью климатических условий в крупном визуальном масштабе.

На рис.2 приведена обновленная схема распределения величин параметра q_{20} по территории Азербайджана, использованная в свое время при составлении одноименной схемы в СНиП 2.04.03-85, в основу которой положены их величины для отдельных пунктов, установленные А.М.Кургановым по методике ГГИ и автором по методике ЛНИИ АКХ.

Значения показателей степени n для разных p по многим метеостанциям, расположенным в засушливых районах республики, обнаруживают наличие явно выраженной зависимости вида (4).

Из материалов обработки данных наблюдений над осадками следовало, что засушливые области республики, где преимущественно преобладают короткие, но сильные ливни, охва-

тываются высокими значениями показателя степени $n=0,7-0,75$, а высокогорные и предгорные районы – $0,55-0,65$.

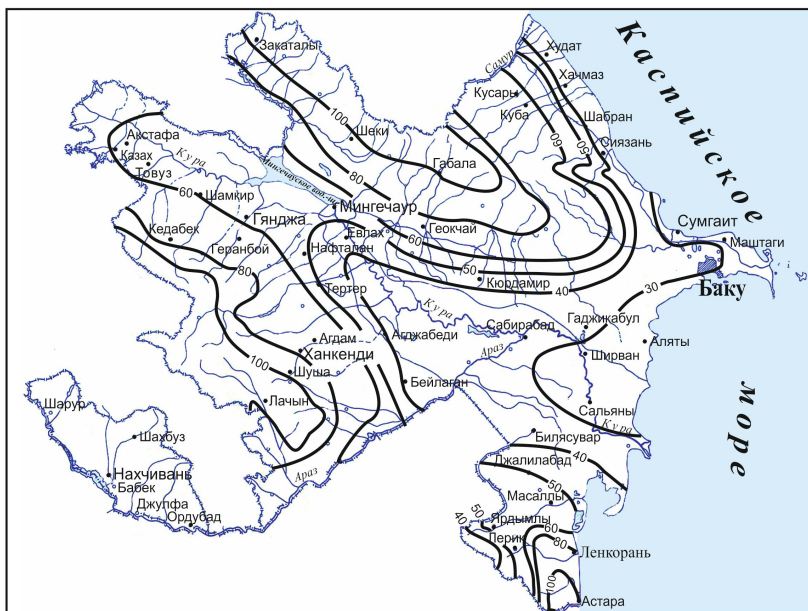


Рис.2. Значения величин интенсивности дождя q_{20} для территории Азербайджана

Из-за недостаточной степени обоснованности назначения величины p , существенно влияющего на расход, в целом не обеспечивается повышение точности расчетов. По предложению автора действующие нормы предусматривают при проектировании дождевой канализации у особых сооружений (метро, вокзалов, подземных переходов и др.), особенно расположенных в районах с засушливым климатом со значениями q_{20} менее 50 л/(с·га), период однократного превышения расчетной интенсивности p определять расчетом, позволяющим прогнозировать аккумулирующее действие сети и проезжей части улиц с учетом предельного периода превышения $P_{пр}$

При расположении коллектора и бассейна стока на склоне расчетная пропускная способность дождевого коллектора Q_p должна равняться разности между полным расходом дождевых вод Q_{np} , вычисленным при предельном периоде однократного превышения расчетной интенсивности P_{np} , и суммарной пропускной способностью лотков проезжей части улиц Q_l :

$$Q_p = Q_{np} - Q_l \quad (9)$$

или при необходимости учета свободной емкости дождевой сети:

$$Q_p = K(Q_{np} - Q_l) = 0.75(Q_{np} - Q_l)$$

Искомый расчетный период однократного превышения интенсивности дождя p может определяться из формулы (9) после подстановки выражений

$$Q_p = \frac{A_p}{t^n} F \psi_{cp}, \quad A_p = 20^n q_{20} (1 + C \lg p), \quad Q_{np} = \frac{A_{np}}{t^n} F \psi_{cp}$$

и

$$A_{np} = 20^n q_{20} (1 + C \lg P_{np}).$$

Расчет дождевой сети с определением p из формулы (9) представляет собой сложную задачу, связанную с большой вычислительной работой, в связи с чем в практике проектирования применялись, разработанные автором, табличные и графические методы определения p .

Третья глава, состоящая из пяти разделов, посвящена анализу существующих методов расчета сечений водоотводящих сетей раздельной системы водоотведения, разработке усовершенствованной методики определения сечений дождевых сетей водоотведения, разработке ускоренного метода определения сечений сетей водоотведения загрязненных стоков, практического способа определения сечений разгрузочных коллекторов реконструируемых существующих систем водоотведения и др.

С целью обеспечения надежности работы дождевых систем водоотведения, безопасности сооружений, сохранности нормальных условий жизни города, минимальных убытков при затоплении территории города требовались соответствующие исследования, в которых были бы сформулированы и обоснованы

научные положения, а также осуществлено аналитическое обобщение и решение поставленной проблемы.

Сложность выполнения расчетов дождевых и бытовых (загрязненных) сетей раздельного водоотведения по сложившейся методике вызывает необходимость в теоретическом обосновании по совершенствованию и упрощению приемов расчета, в создании принципиально новой методики расчета расходов и сечений, позволяющих существенно упрощать решение задач.

На основе комплексного исследования формирования и движения дождевых стоков по поверхности и в безнапорных трубопроводах с гидрологических, гидравлических и технико-экономических позиций создана новая методика расчета дождевых сетей водоотведения.

В основе усовершенствованной методики определения сечений дождевых сетей водоотведения использованы следующие положения и зависимости:

1. Определение расчетной пропускной способности коллекторов $Q_k = Q_p$, расположенных на склоне водосборного бассейна, производится по формуле (9) с учетом свободной емкости дождевой сети, которая после подстановки вышеуказанных выражений и соответствующих преобразований приобретает вид:

$$f(p) = (1 + C \lg p) = \frac{(1 + C \lg P_{np})}{(1/0,75 + K_l / K_p)}, \quad (10)$$

где $K_p = Q_p / \sqrt{I}$ и $K_l = Q_l / \sqrt{I}$ – соответственно модули пропускной способности (расхода) трубы и лотков проезжей части улиц, л/с;

$$K_{np} = Q_{np} / \sqrt{I} \text{ – модуль расхода при } P_{np}.$$

Используемая в качестве модели зависимость (10) позволяет путем регулирования соотношения модулей поверхностных и расчетных расходов дождевых стоков поддерживать допусти-

мую глубину потока воды в лотке при затопливании проезжей части назначением того или иного расчетного значения p .

2. Расчетное значение диаметра труб определяется из выражения:

$$d_p = a \cdot K_p^{0,39}, \quad (11)$$

где $K_p = \frac{K_n}{f(p)}$ – модуль расхода дождевых вод при $p = 1$, л/с,

равный $K_p = \frac{Q_p}{\sqrt{I}} = q_{20} \psi_{cp} F (20/t)^n / \sqrt{I}$ (здесь q_{20} , n и C –

параметры, зависящие от климатических условий; ψ_{cp} – средний коэффициент стока; F – площадь бассейна стока, га; t – продолжительность дождя, мин);

p – расчетный период превышения интенсивности, соответствующий расходу Q_p ;

P_{np} – период превышения предельно допустимой высоты затопления проездов, соответствующий расходу предельного периода Q_{np} ;

a – параметр, определяемый в зависимости от материала труб, параметра C и предельного превышения P_{np} ; значение a для полиэтиленовых труб равно при $C=0,85$; 1,0 и 1,2 соответственно 19,1; 20,0 и 21,5 (при $P_{np}=25$ лет) и 19,8; 20,9 и 22,6 (при $P_{np}=50$ лет).

3. При полном наполнении трубопровода модуль расхода и модуль скорости для железобетонных и бетонных труб соответственно равны:

$$K_n \approx 22400 \left(\frac{d_{cm}}{1000} \right)^{2,667}, \text{ л/с}, \quad (12) \text{ и } W_n \approx 28,4 \left(\frac{d_{cm}}{1000} \right)^{0,667}, \text{ м/с}, \quad (13)$$

где d_{cm} – стандартное значение диаметра, мм.

W_n – модуль скорости при полном наполнении (скорость при $I_{mp} = 1$),

$$W_n = \frac{V_n}{\sqrt{I}} \text{ или } W_n = \frac{1}{n_1} R_n^{0,667} \text{ (здесь } R_n \text{ – гидравлический}$$

радиус при полном заполнении трубопровода, равный $R_n = 0,25 (d_{cm}/1000)$, м,

n_1 – коэффициент шероховатости для самотечных коллекторов круглого сечения железобетонных и бетонных труб ($n_1 = 0,014$).

Для полиэтиленовых труб скорости при полном наполнении v_n , м/с, определены из преобразованной формулы проф. Н.Ф.Федорова:

$$v_n = 17,718 \sqrt{R_n I} [-\lg \frac{1}{R_n} (\frac{\Delta \varepsilon}{13,68} + \frac{a_2 v}{4 v_n})], \quad (14)$$

где $\Delta \varepsilon$ – эквивалентная шероховатость, м; v – коэффициент вязкости, м²/с;

a_2 – коэффициент, учитывающий характер шероховатости труб.

При определении скорости v_n для указанных труб приняты следующие значения показателей: $\Delta \varepsilon = 4 \cdot 10^{-5}$ м, $a_2 = 20$, а также коэффициент вязкости $v = 1,41 \cdot 10^{-6}$ м²/с (при температуре сточных вод 10°С и количестве взвешенных веществ 500 мг/л). Отсюда для полиэтиленовых труб модули расхода и скорости равны:

$$K_n \approx 32892 \cdot \left(\frac{d_{cm}}{1000}\right)^{2,62}, \text{ л/с, (15) и } W_n \approx 41,9 \cdot \left(\frac{d_{cm}}{1000}\right)^{0,62}, \text{ м/с, (16)}$$

4. Для практического применения разработаны табличные и графические приемы определения сечений водоотводных сооружений.

Разработан практический способ определения сечений разгрузочных коллекторов реконструируемых существующих систем водоотведения, необладающих необходимым сечением для пропуска дождевых вод, вызванных расширением территории жилой застройки бассейна канализования и пр. Предложенный метод может применяться при реконструкции существующего коллектора большого сечения – при замене или прок-

ладке новой дополнительной полиэтиленовой трубы вдоль пригодного участка для совместного пропуска расхода по старой и новой трубам, особенно для территорий, подверженных риску затопления.

При расположении коллекторов на склонах, когда при переполнении дождевой сети создается наибольшая вероятность затопления нижерасположенных улиц, при выборе сечения водоотводных сооружений этим путем в основе метода использовано следующее уравнение баланса расходов:

$$Q_p + Q_{сущ} = K_\beta (Q_{np} - Q_l) \quad (17)$$

где $(Q_p + Q_{сущ})$ – общая расчетная пропускная способность коллекторов при совместном пропуске расхода по обеим трубам;

$(Q_{np} - Q_l)$ – разность между полным расходом дождевых вод Q_{np} , вычисленным при P_{np} и суммарной пропускной способностью лотков проезжей части улиц Q_l .

После соответствующих преобразований уравнение (17) приобретает вид:

$$f(p) = \frac{f(P_{np})}{1/0,75 (1 + \frac{K_{сущ}}{K_p}) + K_n / K_p}, \quad (18)$$

где $K_{сущ}$ и K_p – соответственно модули пропускной способности существующей (железобетонной) и новой расчетной (полиэтиленовой) трубы.

Для подбора стандартных диаметров полиэтиленовых труб $d_{см}$ в зависимости от периода превышения p и глубины потока у бордюра h предложен графический способ с помощью разработанных номограмм.

Основной особенностью ускоренного метода определения сечений сетей водоотведения загрязненных стоков, отличающего его от существующих способов, является нетрадиционность принятого принципа расчета. Упрощение расчетов достигается применением степенного вида алгебраически решаемой формулы скорости, пользуясь следующими зависимостями:

$$d_p = \frac{a q^{x_1}}{I^{z_1}} \quad (19) \quad v = b d_p^x I^z \quad (20)$$

где a и b – коэффициенты, равные соответственно

$$a = A^{x_1} = \left[\frac{1}{(\omega_1 b)} \right]^{x_1} \quad \text{и} \quad b = \frac{R_1^x}{n};$$

x_1 и z_1 – показатели степени, равные соответственно $x_1 = 1/(2+x)$ и $z_1 = z/(2+x)$;

ω_1 и R_1 – площадь живого сечения и гидравлический радиус, соответствующие предельной степени наполнения $(h/d)_{np}$.

В 4-ой главе, состоящей из 5 разделов, приводятся характеристика поверхностного стока с городской территории, анализ проблем очистки поверхностного стока при отдельной системе водоотведения, разработанная принципиальная схема очистки поверхностного стока с использованием существующих сооружений очистки, рассматриваются конструктивные и технологические особенности ряда модификаций очистных установок зарубежного производства, разработки технологических решений по интенсификации процессов и повышению эффективности очистки сточных вод на существующих сооружениях с целью повторного их использования.

Существовавшая до настоящего времени концепция развития системы дождевой канализации г.Баку не предусматривает очистку поверхностного стока с учетом экологических требований к санитарному состоянию прибрежной части бухты в пределах города. В соответствии с современными требованиями поверхностные стоки с городских территорий из-за высокой их загрязненности перед спуском в водоем должны очищаться. В работе на примере г. Баку предложено техническое решение проблемы их очистки в случае восстановления функций отдельной системы водоотведения.

Анализ преимуществ и недостатков отдельного или совместного способов отведения бытовых и поверхностных сточных вод различными системами, организации их очистки самостоятельным или совместным путем позволил прийти к заключению, что из-за рассредоточенности ливневых стоков

вдоль бульвара на большом протяжении (более 9 км), значительной отдаленности некоторых коллекторов от группы коллекторов центральной части наиболее рациональным является создание централизованной очистки поверхностного стока путем сгруппирования отдельных стоков перед выпусками в двух местах (рис.3): *А* – в районе набережной бульвара для самостоятельной очистки поверхностного стока с использованием доочищенных поверхностных стоков при поливе зеленых насаждений и пр.; *Б* – за пределами города на территории очистной станции пос.Зых при условии полного исключения подачи на них бытовых стоков и последующей биологической доочисткой смешанного стока на существующих городских очистных сооружениях.

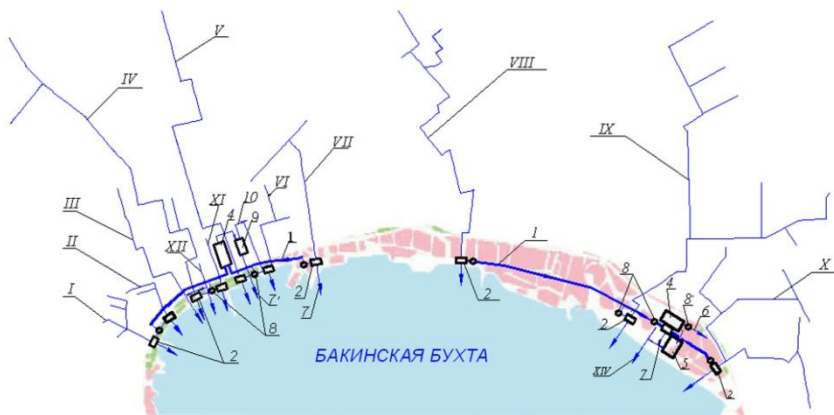


Рис.3. Принципиальная схема отвода и очистки загрязненной части поверхностного стока (ПС) с застроенной территории г.Баку:

I...XIII–коллектора отдельных бассейнов стока; XIV–выпуск станции очистки пос. Зых; 1–перехватывающий коллектор отвода ПС на очистку; 2 и 2' –камера разделения стока и ливнеспуски; 4–АР; 5–станция очистки *Б*; 6–напорный трубопровод отвода аккумулированного стока на биоочистку; 7–сброс избыточного ПС в бухту; 8 и 8'–НС; 9–станция очистки *А*; 10–очищенная вода на использование

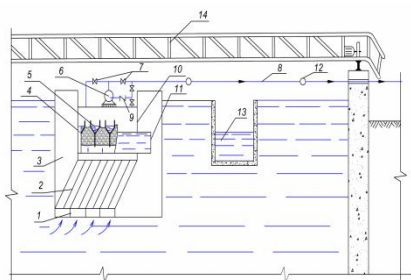
Отстойные дождевые стоки из аккумулирующего резервуара (АР), прошедшие механическую очистку на сооружениях пос. Зых, посредством существующей насосной станцией (НС) должны быть поданы в часы минимального притока в смеси с городскими сточными водами для дальнейшей совместной биологической доочистки на станцию аэрации пос. Гоусаны без изменения технологической схемы, в которой согласно исследованиям в связи с периодическим увеличением гидравлической нагрузки аэротенка с поступлением дождевого стока на 30-40 % качество очистки существенно не ухудшится.

Анализ основных процессов технологической схемы и параметров оборудования установок очистки ливневых, талых и производственных сточных вод позволил рекомендовать в качестве альтернативных методов – технологии водоочистных комплексов поверхностного стока, разработанные лабораторией очистки природных вод и инженерных сооружений водоподготовки НИИ ВОДГЕО и спроектированные ГП «Союзводоканал-проект» совместно с ООО «Росэжострой» производительностью до 1400 м³/ч. В эти комплексы включены: аккумулирование, грубая механическая очистка, тонкослойное отстаивание, контактная реагентная фильтрация на фильтрах с плавающей загрузкой из пенополистирола и глубокая очистка поверхностного стока на фильтрах с углеволокнистой сорбционной загрузкой.

Выносимая из вторичных отстойников взвесь, характеризующаяся в условиях гравитационного осаждения медленным выпадением, в условиях тонкослойного осаждения в той или иной степени частично освобождается от основной массы; в связи с этим одним из наиболее эффективных путей интенсификации работы вторичных радиальных отстойников считается оснащение их тонкослойными модулями с их установкой по периферии перед водосборными лотками или размещение наплаву в отстойнике комбинированного, компактного устройства для выделения крупных труднооседающих, неуспевших осесть в радиальных отстойниках примесей и частиц взвеси путем

тонкослойного осаждения, задержание мелкодисперсных частиц – фильтрованием через плавающую фильтрующую загрузку.

Применение устройства конструкции типа «Плот-фильтр», разработанная АзНИИ Водных Проблем, совмещающей процессы тонкослойного отстаивания и фильтрования с плавающей фильтрующей загрузкой, размещаемой наплаву непосредственно в радиальном отстойнике, позволяет существенно упростить процесс регенерации загрузки (рис.4). При такой схеме доочистки сточных вод исключается проблема удаления осадка, а этот вопрос решается в едином комплексе радиальных отстойников.



1–вертикальные перегородки; 2–тонкослойные модули; 3 – понтон; 4 – плавающая фильтрующая загрузка; 5 – водосборные желоба; 6 – насос; 7-задвижка; 8 – нагнетательная линия; 9 – обратный клапан; 10 – всасывающая линия; 11–водосборная камера; 12 – шарнир; 13 – сборный желоб вторичного радиального отстойника; 14 – вращающаяся ферма

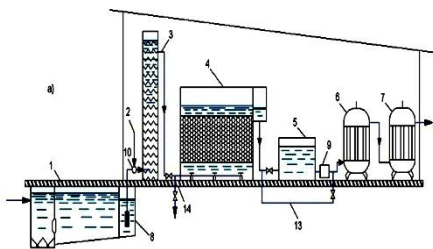
Рис. 4. Размещение компактной плавающей установки «Плот-фильтр» во вторичных радиальных отстойниках

В работе предложена схема размещения на существующих радиальных отстойниках установок «Плот-фильтр» и вне их дополнительных устройств при самостоятельной очистке загрязненного поверхностного стока с подачей доочищенной воды на использование (для полива зеленых насаждений и прочих).

В 5-ой главе, состоящей из двух разделов, представлены результаты технологического моделирования процесса осветления поверхностных сточных вод в состоянии покоя в условиях гравитационного и тонкослойного осаждения, результаты экспериментальных исследований безреагентных режимов работы фильтров с плавающей загрузкой из пенополистирола по доочистке поверхностного стока на установках «Плот-фильтр» с

описанием процесса эффективности безреагентного осветления воды в них, проанализированы факторы, влияющие на процесс безреагентного отстаивания поверхностных стоков и безреагентных режимов работы фильтров с плавающей пенополистирольной загрузкой по доочистке поверхностных сточных вод.

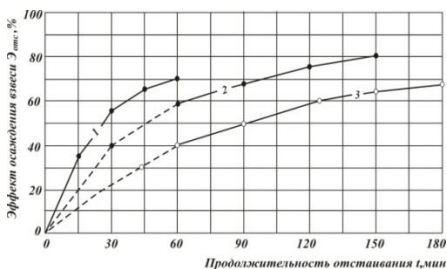
Для обоснования предложенной технологии очистки поверхностных стоков с застроенных городских территорий на станции А (рис.5), проведены соответствующие экспериментальные исследования основных звеньев вышеупомянутой схемы – гравитационное или тонкослойное отстаивание с последующей безреагентной очисткой фильтрованием с плавающей фильтрующей загрузкой из пенополистирола.



1 – аккумулирующий резервуар-отстойник; 2 – ввод раствора коагулянта; 3 – контактный резервуар-воздухоотделитель; 4 – фильтр с плавающей загрузкой; 5 – промежуточный резервуар; 6, 7 – картриджные сорбционные фильтры I и II ступени; 8, 9 – насосы; 10 – трубный смеситель; 13, 14 – трубопроводы подачи и отвода воды на промывку

Рис.5. Станция очистки загрязненного поверхностного стока А

В результате исследований получены кривые выпадения взвеси $\mathcal{E}_{omc} = f(C_o; t)$ при продолжительности отстаивания $t = 1 \div 6$ ч. С целью определения эффективности применения процесса отстаивания в тонком слое проведены исследования в статических условиях в сосудах диаметром 120 мм и слое высотой $h_1 = 140$ мм и $h_2 = 500$ мм составлена кинетика осаждения взвешенных веществ $\mathcal{E}_{omc} = f(t)$ (рис.6).



эффект отстаивания взвешенных веществ:

- 1 — $\mathcal{E}_1 = \varphi(\tau)$ при высоте отстаивания $h = 140 \text{ мм}$
- 2 — $\mathcal{E}_2 = \varphi(\tau)$ при высоте отстаивания $h = 500 \text{ мм}$
- 3 — $\mathcal{E}_3 = \varphi(\tau)$ при высоте отстаивания $H = 3000 \text{ мм}$

Рис. 6. График зависимости эффекта отстаивания взвешенных веществ $\mathcal{E}_{отс}$ от продолжительности отстаивания t

Из сопоставления данных обнаруживается, что при прочих равных условиях и одинаковом эффекте осветления $\mathcal{E} = 63,9 \%$ продолжительность отстаивания воды в тонкослойных отстойниках снижается по сравнению с обычными радиальными отстойниками в $180 / 50 \approx 3,6$ раза.

Как показали исследования, при отстаивании дождевых вод динамика изъятия органических загрязнений – ХПК и БПК, а также нефтепродуктов аналогична динамике изъятия взвешенных веществ. Установлено, что после двухчасового осветления поверхностного стока содержание БПК снижается до 26 % (при исходном содержании 35 мг O_2 /л), а содержание нефтепродуктов – до 10 мг/л (при исходном 15 ÷ 20 мг/л).

Для изучения эффективности очистки и доочистки поверхностного дождевого стока были проведены соответствующие исследования в лабораторных и производственных условиях на опытной установке, имеющей диаметр наклонного тонкослойного модуля и фильтровальной колонки 100 мм с высотой фильтрующего слоя 50–80 см, загруженная пенополистиролом с эквивалентным диаметром гранул 1,5–3 мм.

Результаты опытов по безреагентному фильтрованию поверхностной сточной воды через фильтр с плавающей загрузкой из пенополистирола диаметром 2÷3 мм, высотой слоя загрузки 0,8 м и скорости фильтрации $V_{\phi} = 2 \div 3$ м/ч показали, что при содержании взвешенных веществ в исходной воде $C_o = 122 \div$

804 мг/л и нефтепродуктов до 10 мг/л эффект очистки характеризуется содержанием взвешенных веществ в фильтрате до $15,3 \div 92,6$ мг/л, а нефтепродуктов – до 5 мг/л. Продолжительность фильтроцикла при исследованиях в лабораторных условиях колебалась в пределах 18-7 часов при скоростях $2 \div 3$ м/час. По завершении фильтроцикла производилась промывка нисходящим потоком воды. В исследованиях интенсивность промывки принималось равной $10-20$ л/(с·м²) при продолжительности 5–10 мин. Остаточные загрязнения на гранулах пенополистирола практически не наблюдались.

Результаты экспериментальных исследований показали, что при содержании взвешенных веществ на входе перед установкой 250–520 мг/л, БПК₅ 25–35 мг/л и нефтепродуктов 6–10 мг/л эффективность очистки установки по содержанию взвешенных веществ составила 80–94 %, по БПК₅ 14–26 %, а по нефтепродуктам – 52–62 %, что свидетельствует о высокой эффективности предложенной технологии.

Изменение содержания загрязнений в зависимости от продолжительности работы установки из наиболее характерных экспериментальных данных по доочистке поверхностного стока на установках приведено на рис.7.

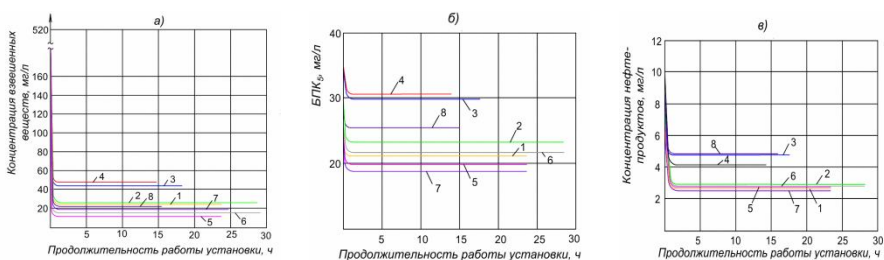


Рис.7.Графики изменения содержания ингредиентов во времени:

а) по взвешенным веществам (1– $C_o=238$ мг/л; 2– $C_o=314$ мг/л; 3– $C_o=295$ мг/л; 4– $C_o=255$ мг/л; 5– $C_o=208$ мг/л; 6– $C_o=283$ мг/л; 7– $C_o=406$ мг/л; 8– $C_o=521$ мг/л); **б) по БПК₅** (1– $C_o=25$ мгО₂/л; 2– $C_o=29$ мгО₂/л; 3– $C_o=35$ мгО₂/л; 4– $C_o=35$ мг О₂/л; 5– $C_o=25$ мгО₂/л; 6– $C_o=26,5$ мгО₂/л; 7– $C_o=25$ мгО₂/л;

8- $C_o=30$ мгО₂/л); **в) по нефтепродуктам** (1- $C_o=6$ мг/л; 2- $C_o=7,5$ мг/л; 3- $C_o=10$ мг/л; 4- $C_o=10$ мг/л; 5- $C_o=6$ мг/л; 6- $C_o=6,2$ мг/л; 7- $C_o=6$ мг/л; 8- $C_o=8$ мг/л).

При обработке результатов экспериментальных исследований была использована методика технологического моделирования, основанная на теории подобия и размерностей. Указанной методикой предусматривается применение уравнения

$$\frac{C_{осв}}{C_o} = a \frac{V \cdot d_{экс}}{\sqrt{L^x t^3 \sqrt{X}}}$$

в зоне изменения всех влияющих факторов на процесс отстаивания и фильтрования. При обработке опытных данных настоящих исследований экспериментальные точки нанесены на график рис. 8 в координатах:

$$\frac{C_{осв}}{C_o} \rightarrow \frac{V \cdot d_{экс}}{\sqrt{L^x t^3 \sqrt{X}}}$$

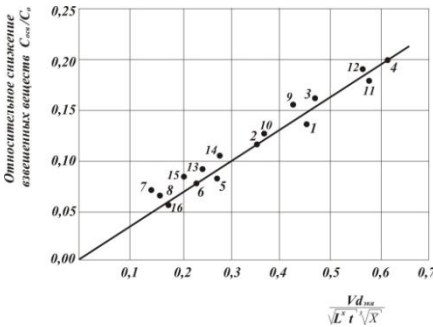


Рис.8. Изменение $C_{осв}/C_o$ в зависимости от безразмерного комплекса $\frac{V \cdot d_{экс}}{\sqrt{L^x t^3 \sqrt{X}}}$



Рис.9. Изменение $C_{осв}/C_o$ в зависимости от q

Наклонная прямая, исходящая из начала координат, характеризует значение размерного коэффициента, равное

$$a = 0,325 \text{ мм}^2 \cdot \text{с}^{3/2}$$

На графике рис.9 приведены изменения относительного снижения содержания взвешенных веществ в зависимости от удельной гидравлической нагрузки q .

В результате обработки экспериментальных данных по

очистке поверхностного стока установлено, что влияние скорости фильтрации V и других параметров на относительное снижение содержания взвешенных веществ в фильтрате C_f/C_o может быть выражено следующей зависимостью:

$$\frac{C_f}{C_o} = 100,31 + 0,472 \frac{V}{17} + 0,092 \frac{V^2}{107} + 0,237 \frac{V^3}{107} \quad (21)$$

где b – коэффициент, равный 1,50; при скорости потока V , равной $5 \div 1,5$ м/час, величина $C_o = 210 \div 1650$ мг/л.

В шестой главе дана эколого-экономическая оценка водоохраных решений при организации отведения, очистки и использовании доочищенных поверхностных вод, установлен предотвращаемый экономический ущерб Δ_{np} от загрязнения прибрежной городской зоны бухты сбросами ливневыпусков I – VII, достигаемый строительством очистной станции A .

При массе годового сброса примесей указанными ливневыпусками $\sum M \approx 3400$ т/год годовой экономический ущерб составит $V_{np} \approx 4,9$ млн. ман. Предотвращаемый экономический эффект составит: при применении безреагентной доочистки поверхностных стоков на фильтровальных установках производительностью до $1400 \text{ м}^3/\text{ч}$ (с использованием доочищенных вод при поливе на набережной бульвара зеленых насаждений) – 3,2 млн. ман. и реагентной контактной осветлительно-сорбционной фильтрации (при сбросе очищенного стока в бухту) – 3,06 млн. ман.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. По результатам разработок внесены в нормативные документы ряд изменений по нормированию расчетных интенсивностей дождей (схемы распределения параметров формулы интенсивности q_{20} , n , C и x), по определению параметра n для территории среднеазиатских республик и Азербайджана, по методике определения расчетного периода превышения интен-

сивности дождя p для засушливых районов со значением q_{20} менее 50 л/(с·га), по оценке интенсивности потерь поверхностного стока, допускающие уточнения значений коэффициентов покрова z и стока ψ по местным условиям на основании соответствующих исследований.

2. Разработками, основанными на материалах многолетних наблюдений по самопишущему дождемеру метеостанции г.Баку, климатические условия которого являются типичными для южных засушливых районов, установлена величина интенсивности дождя $q_{20} = 31$ л/(с·га) вместо представленной в справочнике проектировщика $q_{20} = 21,9$ л/(с·га) по методу ГГИ.

3. Для южных засушливых районов республики установлена формула интенсивности дождей и разработана обновленная схема распределения величин параметра q_{20} по территории Азербайджана, в основе которой использованы их величины для отдельных пунктов, установленные А.М.Кургановым по методу ГГИ и автором по методу ЛНИИ АКХ.

4. Созданы научные основы новых методов расчета дождевых и загрязненных сетей водоотведения, совершенствованных и упрощенных приемов расчета. Разработана усовершенствованная методика расчета дождевых сетей водоотведения, совмещающая одновременно определение периода превышения p с конечным основным этапом расчета – установлением размеров водоотводных сооружений, варьируя глубиной потока в лотке проезжей части;

5. Разработан ускоренный метод определения сечений сетей водоотведения загрязненных стоков непосредственно по упрощенным формулам, отличающийся от существующих нетрадиционностью принятого принципа расчета.

В основе предложенной методики применены зависимости степенного вида алгебраически решаемой формулы скорости и др., позволяющие с достаточной для практических целей точностью производить сравнительно быстро многочисленные расчеты, осуществлять поиск иных решений, оперативно решая встречающиеся в практике различные обратные задачи, связан-

ные в той или иной степени с проектированием, реконструкцией и эксплуатацией водоотводящих сетей.

6. Разработан практический способ определения сечений разгрузочных коллекторов реконструируемых существующих систем водоотведения, пришедших в полную негодность и необладающих необходимым сечением для пропуска дождевых вод в связи с расширением территории жилой застройки бассейна канализования и т.д.

7. Разработана и обоснована принципиальная схема централизованной очистки поверхностного стока, предусматривающая путем сгруппирования отдельных стоков перед выпусками размещение станций очистки в двух местах: *А* – в районе набережной бульвара для самостоятельной очистки поверхностного стока с использованием доочищенных поверхностных стоков при поливе на набережной бульвара зеленых насаждений; *Б* – за пределами города в районе пос.Зых с последующей биологической доочисткой смешанного стока на существующих городских сооружениях очистки.

Схемой предусматривается устройство разделительных камер с автоматическим регулированием, подкачивающих устройств, сборных коллекторов для перехвата и направления в аккумулирующие резервуары с последующей очисткой наиболее загрязненной части поверхностного стока.

8. Проведен анализ высокоэффективных методов и технологий очистки поверхностных сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов, позволивший рекомендовать для местных условий в качестве альтернативного метода – современную технологию, включающую аккумулирование, грубую механическую очистку, тонкослойное отстаивание, контактную реагентную фильтрацию на фильтрах с плавающей загрузкой из пенополистирола и глубокую очистку поверхностного стока на фильтрах с углеволокнуистой сорбционной загрузкой, разработанную в ОАО ВНИИ ВОДГЕО и спроектированную ГП «Союзводоканалпроект» производительностью 1400 м³/ч.

9. Для обоснования предложенной технологии очистки поверхностных стоков с застроенных городских территорий, принятия основных технических решений по выбору технологической схемы, подбору состава очистных сооружений и назначению основных технологических параметров их работы проведены соответствующие технологические исследования на конкретном поверхностном стоке. С этой целью изучена эффективность основных звеньев вышеупомянутой схемы – очистки и доочистки поверхностного стока на базе экспериментальных исследований автора по схеме: предварительное гравитационное или тонкослойное отстаивание, затем последующая безреагентная очистка фильтрованием через плавающую фильтрующую загрузку из пенополистирола на опытной установке.

10. Разработано новое техническое решение, способствующее интенсификации работы радиальных отстойников: размещение наплаву перед водосборными лотками комбинированного компактного устройства «Плот–фильтр» для осуществления ряда технологических процессов как выделение неуспевших осесть в отстойниках крупных труднооседающих примесей и частиц взвеси путем тонкослойного осаждения, задержание мелкодисперсных частиц - фильтрованием через плавающую фильтрующую загрузку. Применение этого устройства в составе радиальных отстойников существенно упрощает процесс регенерации загрузки, а также упрощает процесс удаления осадка, решая его в едином комплексе вторичных радиальных отстойников.

11. Экспериментальными исследованиями установлено, что при содержании взвешенных веществ на входе перед установкой 250–520 мг/л, БПК₅ 25–35 мг/л и нефтепродуктов 6–10 мг/л эффективность очистки установки по содержанию взвешенных веществ составляет 80–94 %, по БПК₅ 14–26 %, а по нефтепродуктам – 52–62 %.

12. При разработке Генеральной схемы ливневой канализации в составе Мастер Плана «Реконструкция систем водоснабжения и канализации Большого Баку» международным консорциумом MONTGOMERY WATSON (1997-98) и при разработке

Мастер Плана «Системы отвода дождевых вод Апшеронского полуострова» фирмой ТЕКНО YAPI (2012) использованы разработанные рекомендации для проектирования систем отведения поверхностных сточных вод г.Баку.

Разработаны и представлены для использования ТЕКНО YAPI «Временные методические рекомендации по определению расчетных расходов дождевых вод с застроенных территорий для засушливых районов Азербайджана при проектировании системы дождевой канализации, определению среднегодовых объемов поверхностных сточных вод при отведении на очистку и в водные объекты». Упомянутые «Временные методические рекомендации» положены в основу разработанного проекта строительных норм и правил «Канализация. Наружные сети и сооружения» для Азербайджанской Республики (взамен СНиП 2.04.03-85).

13. Техническое решение по созданию при отдельной системе водоотведения централизованной очистки наиболее загрязненной части поверхностного стока перед выпуском в Бакинскую бухту представлено в Комитет Архитектуры и градостроительства Азербайджанской Республики и фирме ТЕКНО YAPI, подтвердившие возможность использования в качестве одного из альтернативных методов решения указанного вопроса при разработке «Регионального плана развития Большого Баку» и «Мастер Плана канализации г.Баку».

При массе годового сброса примесей $\sum M \approx 3400$ т/год, вносимых в бухту поверхностными стоками через указанные ливневыпуски, годовой экономический ущерб составит $V_{np} \approx 4,9$ млн ман. Величина ожидаемого годового экономического эффекта предотвращения экологического ущерба от сброса загрязненных поверхностных стоков в бухту при применении предлагаемой технологической схемы физико-химической очистки городского поверхностного стока с отстаиванием и фильтрованием на фильтрах с плавающей загрузкой из пенополистирола на установках производительностью до $1400 \text{ м}^3/\text{ч}$ составит $\approx 3,2$ млн. ман.

14. Разработанная технология безреагентной доочистки поверхностных стоков, представленная в виде технического решения по интенсификации работы радиальных отстойников (путем встраивания в них доочистных установок типа «Плот-фильтр») очистных сооружений систем водоотведения поверхностных стоков малых и средних городов Азербайджанской Республики, также передана для внедрения в соответствующие организации.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

Монографии, учебники

1. Гулиев Ф.С. Отведение и очистка поверхностного стока с городской территории (для условий Азербайджана). Нормы. Расчетные способы. Конструкции сооружений (на азерб. языке). Баку: Изд.-ство «Наука», 2003, 292 с.
2. Гулиев Ф.С., Алиев Н.И., Сулейманов Т.Р. Очистка городских сточных вод /Способы очистки. Проектирование сооружений и их конструкции. Расчетные способы и примеры расчетов (на азерб. языке). Учебник. Баку: Изд.-ство «Образование», 2006, 442 с.
3. Гулиев Ф.С., Гулиев Р.Ф. Охрана водоемов от загрязнения сточными водами (на азерб. языке). Баку: Изд.-ство «Наука», 2007, 232 с.

Статьи

4. Гулиев Ф.С. Графический метод гидрологического расчета городских водостоков. Баку НТЖ «За технический прогресс». Орган Госплана и МНП Аз.ССР, № 12, 1969, с. 40-42.
5. Молоков М.В., Гулиев Ф.С. Новые данные по нормам интенсивности дождей для расчета дождевой канализации / «Водоснабжение и санитарная техника». М.: 1970, № 1, с. 8-11.
6. Молоков М.В., Гулиев Ф.С. Способы определения расчетных расходов при проектировании дождевых канализаций / Научные труды АКХ «Городская канализация», вып. 96, ОНТИ АКХ. М.: 1973, с.3-8.
7. Гулиев Ф.С. Некоторые итоги работы лаборатории канализации. Труды Бакфилиала ВНИИ ВОДГЕО «Вопросы очистки сточных вод и водоснабжения», Выпуск XV. Баку: 1979, с.71-85.
8. Гулиев Ф.С., Курбанов М.А. Очистка сточных вод Дюбендинской перевалочной нефтебазы флотацией и фильтрацией. Труды Бак.филиала ВНИИ ВОДГЕО «Вопросы очистки сточных вод и водоснабжения», Выпуск XV. Баку: 1979, с. 96-100.
9. Абдуллаев М.Н., Гулиев Ф.С., Гулиев О.Ф. Графический способ гидравлического расчета дождевых канализационных сетей. Ученые записки АзИСИ. Баку: № 1. 1996, стр. 55-58.

10. Гулиев Ф.С. Усовершенствованный способ гидравлического расчета дождевых канализационных сетей // Ученые записки АЗИСИ. Баку: № 1, 1996, с.73-75.
11. Гулиев Р.Ф., Гулиев Ф.С. Экспериментальные исследования по доочистке сточных вод на опытных установках с плавающей фильтрующей загрузкой // Ученые записки АЗИСИ. Баку: 1996, № 1, с.109-112.
12. Гулиев Ф.С. Практический метод гидравлического расчета водоотводящих сетей // Ученые записки АЗИСИ. Баку: 1998, № 2, с. 159-163.
13. Гулиев Ф.С., Гулиев Р.Ф. Исследования процесса осветления поверхностного стока с территории города // Ученые записки АЗАСУ. Баку: 2004, №2, с.113-115.
14. Салимова Л.В., Гулиев Ф.С. Исследования по отстаиванию и безреагентному фильтрованию поверхностного стока // «Экология и водное хозяйство». Баку: 2008, №3, с.77-79.
15. Гулиев Ф.С., Сулеймани М.М. Интенсификация процесса отстаивания путем переоборудования действующих горизонтальных отстойников в тонкослойные (на азерб. языке) // «Экология и водное хозяйство». Баку: 2009, №4, стр. 69-74.
16. Гулиев Ф.С., Армион М.Н. Технологическое моделирование процесса осветления сточных вод для прогнозирования эффективности работы действующего отстойника после совершенствования его конструкции (на азерб. языке) // «Экология и водное хозяйство». Баку: 2009, № 4, стр. 3-7.
17. Гулиев Ф.С., Мамедов Н.Ф. Исследование по очистке поверхностных (дождевых) сточных вод на местных очистных сооружениях (на азерб. языке). «Экология и водное хозяйство». Баку: 2010, №3, с.50-59.
18. Гулиев Ф.С. Определение размеров водоотводных сооружений // «Водоснабжение и санитарная техника». М.: 2008, №8, с. 57-62.
19. Гулиев Ф.С. Упрощенный способ определения размеров водоотводных сооружений при крутом рельефе местности // «Водоснабжение и канализация». Новейшие научные технологии. М.: 2009, №1, с.30-36.

20. Гулиев Ф.С. Практический способ гидравлического расчета водоотводящих сетей при частичном наполнении трубопровода // «Водоснабжение и санитарная техника». М.: 2010, №3, с.55-56.

21. Гулиев Ф.С. Гидравлический расчет водоотводящей сети с использованием портативных вычислительных средств // «Водоснабжение и канализация». Новейшие научные технологии. М.: 2010, №7-8, с.80-84.

22. Гулиев Ф.С. Способ определения сечений коллекторов реконструируемых водоотводных систем / Сборник научных трудов МосводоканалНИИпроект. Проекты развития инфраструктуры города. Выпуск 10. М.: 2010, с.79-86.

23. Гулиев Ф.С. Безреагентная технология доочистки поверхностного дождевого стока в комбинированном компактном устройстве «Плот-фильтр» // Современные проблемы рационального и комплексного использования водных ресурсов. Сб.науч.трудов АзНИИ Водных Проблем, г.Баку: 2010, с.22-28.

24. Гулиев Ф.С. Рациональный метод расчета сетей для отведения поверхностного стока, проектируемых в условиях Азербайджанской Республики (на азерб.языке). «Экология и водное хозяйство». Баку: 2010, №4, с. 52-65.

25. Ганбаров Э.С., Гулиев Ф.С. Развитие системы водостока г. Баку. // «Водоснабжение и санитарная техника». М.:2011, №4, с.53-57.

26. Гулиев Ф.С. Расчетные интенсивности дождей для проектирования систем отведения поверхностных вод в условиях Азербайджана. // «Водоснабжение и канализация». Новейшие научные технологии. М.: 2011, №3-4, с.138-142.

27. Гулиев Ф.С. Проблемы очистки поверхностного стока при раздельной системе водоотведения // «Экология и водное хозяйство». Баку: 2010, №5, с.23-30.

28. Гулиев Ф.С. Назначение при проектировании водоотводящих сетей режима работы трубопроводов, обеспечивающего транспортирование взвешенных веществ // Научные труды АзАСУ. Баку: 2010, №2, с.106-110.

29. Гулиев Ф.С. Нетрадиционный способ определения гидравлических и геометрических параметров самотечных трубопроводов

систем водоотведения // Известия ВТУЗов Азербайджана. Баку: 2011, № 3(73), с.91-97.

Тезисы докладов

30. Федоров Н.Ф., Гулиев Ф.С. Учет стока по уличным лоткам при расчете дождевой канализации. Материалы XXIX научной конференции ЛИСИ, Санитарная техника. Ленинград: 1970, с. 138-142.

31. Guliyev F.S., Guliyev R.F. Investigations on intensification of the secondary radial settlers run of Baku's sewage water biological treatment station. (Исследования по интенсификации работы вторичных радиальных отстойников биологической станции очистки сточных вод г.Баку). Proceedings of the fourth Baku International Congress «Energy, Ecology, Economy». Baku: 1997, p. 386-390.

32. Guliyev F.S., Guliyev R.F. Regarding drainage and treatment of the surface water from the city territory and from industrial sites. (К вопросу отвода и очистки пов.стока с город.территории и промплощадок). Proceedings of the sixth Baku International Congress «Energy, Ecology, Economy». Baku: 2002, p.299-301.

33. Гулиев Ф.С. К вопросу предотвращения загрязнения воды водоемов городским поверхностным стоком. Материалы Международной научно-практической конференции. Баку: 2006, с. 208-209.

34. Гулиев Ф.С., Армион М.Н., Сулеймани М.М. Пути конструктивных решений усовершенствования действующих отстойников (на азерб. языке). Материалы Международной научно-практической конференции по теме «Чрезвычайные ситуации и окружающая среда». Баку: 2009 г., с.247-252.

35. Гулиев Ф.С. Смягчение в процессе проектирования фактора риска, связанного с функционированием современной системы поверхностного водоотведения // Материалы междунар. симпозиума ЕУИЦ. Баку: 2010, с.118-122.

36. Гулиев Ф.С. Применение плавучей установки типа «Плот-фильтр» для доочистки поверхностного стока и городских сточных вод в радиальных отстойниках // Становление современной науки / Перспективные разработки науки и техники. Материалы VII Международной научно-практической конференции // Строительство

и архитектура / Publishing House «Education and Science» Praha, 2011, с. 79-82.

37. Гулиев Ф.С. Принципиальная схема организации самостоятельной очистки поверхностного стока г. Баку и совместной с городскими сточными водами. Материалы научно-практической конференции ЕУИЦ. Баку: 2011, с. 145-149.

38. Гулиев Ф.С. Проблемы создания системы водоотведения поверхностного стока г.Баку с организацией централизованной очистки вне городской черты при регулируемом его поступлении (на азерб.языке)/ Материалы научно-практической конференции «Азерсу». Баку:2011, с.17-22.

39. Гулиев Ф.С. Применение плавучей установки типа «Плот–фильтр» для доочистки поверхностного стока и городских сточных вод в радиальных отстойниках / Международная научно-практическая конференция «Перспективные разработки науки и техники» Польша, Przemysl, 2011, с. 88-91.

40. Гулиев Ф.С. Оценка экономического эффекта от очистки поверхностного стока (на азерб. языке). Международная научно-практическая конференция по теме «Управление рисками». Баку: 2011, с. 133-138.

41. Гулиев Ф.С. О нормативной базе для определения расчетных расходов дождевых вод при проектировании систем отведения поверхностных сточных вод населенных пунктов, расположенных на территории Республики Азербайджан (на азерб. языке). Материалы Каспийской международной конференции “Водные технологии”. Баку: 2013, с. 326-334.

42. Ганбаров Э.С., Гулиев Ф.С. Способы вероятностного расчета дождевой канализации (на азерб. языке). Материалы научно-практического семинара МЧС Азербайджанской Республики по теме “Атмосферные осадки в Баку: Вчера, сегодня, завтра”, Баку, 2013.

Guliyev F.S.

**THE DEVELOPMENT OF METHOD FOR CALCULATION
OF WATER DISPOSAL NETWORKS AND ADVANCED
TREATMENT TECHNOLOGY OF SURFACE WATER
RUN-OFF FROM BUILT-ON TERRITORIES FOR ARID
REGIONS OF AZERBAIJAN**

Abstract

The dissertation is devoted to solution of the most important ecological problem of prevention of water resources pollution by surface water run-off from urban areas.

Considering rain intensity norms the principally new methods of calculation of surface water run-off have been developed based on the derived dependencies, developed algorithm of calculation, tables and graphs, which simplify and accelerate the designing process. The developed methods allow determine the section of rain networks of water disposal systems, correctly forecasting the amount of rainfall run-off for the populated areas of the Republic, which are situated in regions of dry climate and subjected to risk of flooding.

Based on the results of studies the technological process of treatment of surface water run-off in separate sewerage system has been developed, which allowed to recommend the principal scheme of a centralized treatment of surface water run-off with locating of treatment plants: A – at the area of boulevard, using technological scheme under the reagent contact clarifying-sorption filtration; B- outside of the city on the basis of existing treatment plant of Zyk suburb followed by biological advanced treatment of mixed flow on existing urban treatment plant.

The effectiveness of main stages of the treatment and advanced treatment scheme of surface water run-off of treatment plant A has been studied based on the author's experimental researches on the settling and following reagent-free advanced treatment by filtration through buoyant foamed polistirol media.

A new technical solution has been developed, which facilitates the intensification of radial settling tanks operation of treatment station B by placing the 'Raft-Filter' compact plant afloat, and also

the technology developed of reagent-free advanced treatment of surface water run-off at this plant.

F.S.Quliyev

**АЗЯРБАЙЪАНЫН ГУРАГЛЫГ РАЙОНЛАРЫНЫН ТИКИЛИ
ЯРАЗИЛЯРИНИН ЙЕРЦТЦ АХЫМЫНЫН ЙЕТЯРИНЪЯ
ТЯМИЗЛЯНМЯСИ ТЕХНОЛОЭИЯСЫНЫН ВЯ ЙАБЫШ
ШЯБЯКЯСИНИН ЩЕСАБЛАНМА МЕТОДИКАСЫНЫН
ИШЛЯНИБ ЩАЗЫРЛАНМАСЫ**

Аннотасийа

Диссертасийа иши су щювзяляринин шыщяр яразисинин йерцтц ахымлары иля чирклянмясинин гаршысынын алынмасы кими чох лазымлы еколожи проблемин шыллиня щяср едилмишдир.

Лайищяляндирмяни асанлашдыран вя сцрятляндирян асылылыглардан, щесабатын ишлянмиш алгоритмидян, ъадвял вя графиклярдян истифадя етмякля, йабышын йени интенсивлик нормаларыны нязря алан сукянарлашдырыџы шыбьякялярин щесабланмасынын тямилляшдирилмиш методикалары ишляниб щазырланмышдыр. Ишлянмиш методлар республиканын гуру иглим зонасында йерляшян вя субасма рискиня мяруз галан йашайыш мянтыгяляриндя йабыш ахымларынын мигдарыны дцзэцн прогнозлашдырылараг йабыш кянарлашдырыџы шыбьякялярин ен кясиклярини тйин етмяйя имкан верир.

Тядгигатларын нятйяляриня ясасян айрылмыш канализасийа системи шыраитиндя ашабыдакы тямизляйиџи стансийаларын йерляшдирилмясия йерцтц ахымларын мяркязляшдирилмиш гайдада тямизлянмясинин принципал схемини тювсийя етмяйя имкан верян техноложии просес ишляниб щазырланмышдыр: А – сащилияны булвар яразисиндя техноложии схемдя реагентля тямас шыффафландырыџы-сорбсийалы филтрасийадан истифадя етмякля; Б– шыщярдян кянарда Зых гясябясиндяки мювуд тямизляйиџи гурууларын базасында мювуд Щювсан тямизлямя гурууларында

гарышыг ахымын сонракы йетяринья биоложи
тямизлянмяси.

Мцяллифин чюкмя вя цзян пенополистирол йцкдя
кечмякля сонракы реагентсиз йетяринья
тямизлянмясинин экспериментал тятгигатлары
базасында А тямизляйиьи стансийасынын тямизлямя
схеминин айры-айры ясас мярщяляяринин
еффеktivлийи вя йерцстц ахымларынын йетяринья
тямизлянмяси юйрянилмишдир.

«Плот-фильтр» компакт гурьусуну цзян щалда
йерляшдирмякля Б тямизляйиьи стансийасындакы
радиал дурулдуьуларын ишинин интенсивляшдирил-
мясиня щяраит йарадан вя бу гурьуда йерцстц
ахымларын реаэентсиз тямизлямя технологийасынын
йени техники щялли йоллары ишляниб
щазырланмышдыр.

А в т о р е ф е р а т

Тираж 100 экз.
Напечатано в ПКП «Бахтияр -4»

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN MEMARLIQ VƏ İNŞAAT UNIVERSİTETİ

Ялаймасы щцгугунда

ГУЛИЙЕВ ФИКРЯТ СЯТТАР оьлу

**АЗЯРБАЙЪАНЫН ГУРАГЛЫГ РАЙОНЛАРЫНЫН ТИКИЛИ
ЯРАЗИЯРИНИН ЙЕРЦСТЦ АХЫМЫНЫН ЙЕТЯРИНЪЯ
ТЯМИЗЛЯНМЯСИ ТЕХНОЛОЭИЯСЫНЫН ВЯ ЙАБЫШ
ШЯБЯКЯСИНИН ЩЕСАБЛАНМА МЕТОДИКАСЫНЫН
ИШЛЯНИБ ЩАЗЫРЛАНМАСЫ**

Ихтисас: 3308.01 - Ятраф мцщитин
еколоэийасы вя мцщяндислийи

Техника елмляри доктору алимлик дяряьясини
алмаг цццн диссертасийанын

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т Ы

БАКЫ - 2013