

М.В.Кравцов

**ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ
и
сооружения
гидроочистки**

Минск "Ураджай" 1990

ББК 38.761.2
К 78
УДК 628.1/3:665.71

Издание осуществлено за счет средств автора

Кравцов М.В.

К 78 Гидромеханические процессы и сооружения гидроочистки. -
Мн.: Ураджай, 1990. - 226 с.

ISBN 5-7860-0589-5

В книге изложены результаты исследований по актуальной проблеме - предохранение водных источников от загрязнений нефтепродуктами. Предложены новые прогрессивные конструкции комбинированных установок, реализующие экологически чистые гидромеханические методы очистки (осаждение, флотация, фильтрование и др.). Разработаны новые научно обоснованные методики расчетов гидромеханических методов водоочистки.

Для работников вузов, проектных и научно-исследовательских организаций, занимающихся вопросами водоснабжения, канализации, гидротехники и водоочистки.

ББК 38.761.2 - 38.778 + 35.514

К 3309000000-044 Зак. - 90
М 305(03) - 90

ISBN 5-7860-0589-5

© М.В.Кравцов, 1990.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Резкое обострение экологической ситуации в связи с загрязнением окружающей среды практически во всех регионах страны делает реальной угрозой для жизни людей. В соответствии с "Основными направлениями оздоровления и охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов Белорусской ССР на 1991-1995 годы и на перспективу до 2000 года" требуется осуществить мероприятия по полному прекращению сброса загрязненных сточных вод в подземные горизонты и поверхностные водоемы. Для этих целей необходимы разработка и внедрение прогрессивных и эффективных методов и сооружений водоочистки.

К числу наиболее опасных загрязнителей относятся нефтепродукты. В отечественной и зарубежной практике в последнее время все возрастающее значение приобретает применение для очистки нефтесодержащих сточных вод малогабаритных комбинированных установок заводского изготовления, в которых реализуются такие экологически чистые гидромеханические процессы водоочистки, как осаждение, флотация, фильтрование, псевдооживление, гидротранспорт и т.д. Установки просты по устройству и в эксплуатации, экономичны в работе, требуют небольших капитальных затрат и производственных площадей, позволяют производить глубокую очистку сточных вод. Прежде всего они могут быть применены для очистки производственных сточных вод, содержащих нефтепродукты и взвешенные минеральные вещества и образующихся на небольших предприятиях с относительно малым объемом стоков (нефтебазы, автозаправочные станции, автотранспортные и авторемонтные предприятия, котельные, гаражи, автостоянки, площадки промышленных предприятий и т.д.) со сбросом очищенных вод в водоемы или использованием их в системах оборотного водоснабжения.

В книге описаны новые прогрессивные конструкции установок и даны научно обоснованные методики расчетов проектных параметров сооружений и технологических параметров процессов водоочистки. С применением их сформированы технологические схемы очистки нефтесодержащих сточных вод, работоспособность которых проверена в производственных условиях.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1.1. Общие представления и уравнения гидромеханических процессов при установившемся движении и обтекании тел в вязкой несжимаемой жидкости

Разработка многих научно обоснованных методик расчета проектных параметров сооружений и технологических параметров гидромеханических процессов водоочистки упирается в решение ряда фундаментальных вопросов проблемы гидравлических сопротивлений. Основу для развития учения о гидравлических сопротивлениях заложили теоретические и экспериментальные исследования Галилея и Ньютона. В начале XVII века Галилеем был открыт закон свободного падения тел в несопротивляющейся среде. И вслед за этим мысли учёных обратились к решению задачи о свободном движении тел в сопротивляющейся жидкой вязкой среде. Первые основополагающие сведения о закономерностях движения одиночного тела в жидкостях были получены Ньютоном в начале XVIII века. В результате теоретических и экспериментальных исследований различных случаев движения (свободное и стесненное стенками сосуда падение одиночного шара в воде, колебание маятника в жидкостях и т.д.) Ньютон пришел к выводу о том, что величина силы гидравлического сопротивления при свободном движении тела в безграничном объеме вязкой жидкости в общем случае складывается из трех частей. Первая часть определяет долю сопротивления скорости в первой степени, вторая – полуторной, третья – квадрату скорости. Степень влияния стенок сосуда на движение в нем тела, по Ньютону, зависит от величины безразмерного коэффициента, равного отношению размера тела к размеру сосуда. Ньютон полагал также, что во всех случаях в общем сопротивлении среды преобладает часть, пропорциональная квадрату скорости.

Выводы Ньютона положили начало созданию так называемых квадратичных формул для расчета силы гидравлического сопротивления. Часть из них используют и в настоящее время при практических расчетах скоростей свободного падения тел в жидкостях и газах, сил сопротивления при движениях снарядов и кораблей в вязких средах, потерь энергии при напорном и безнапорном течении жидкостей в трубах и каналах.

Уже в начале XIX в. многим ученым стало ясно, что формула Ньютона, определяющая величину силы сопротивления, пропорциональную квадрату скорости, имеет весьма ограниченную область применения. Начались поиски более общего закона гидравлических сопротивлений и в некоторых

$$x U_T^2(1+d_{ж})^2 - (2 - \varphi_3^2) \frac{1+U_T(1+d_{ж})}{1+U_T(\rho_r+d_{ж})} \frac{d_c^2}{d_r^2} [1+U_T(1+d_{ж})]^2 \}. \quad (5.62)$$

Для предварительных расчетов можно принять [62] : $\varphi_1 = 0,95$;
 $\varphi_2 = 0,875$; $\varphi_3 = 0,81$; $\varphi_4 = 0,83$.

При расчетах струйных насосов для гидротранспорта давление во входном сечении I_k всасывающего патрубка струйного насоса (см. рис. 5.7, а) следует определять по формуле

$$P_k = P_a - \left[H_{вс} \rho_{ж} g + \Sigma h + \rho_{ж} g \frac{V_{ж}^2}{2g} + H_{пор} \left(\frac{\rho_{ж}}{\rho_{ж}} - 1 \right) \right], \quad (5.63)$$

где P_a - атмосферное давление; $H_{вс}$ - геометрическая высота всасывания, отсчитываемая от поверхности жидкости в источнике до сечения I_k ; Σh - местные и линейные потери напора во всасывающем трубопроводе (местные потери напора можно определить умножением местных потерь напора при движении чистой воды на величину $\rho_{ж}/\rho_{ж}$, потери напора по длине определяются по формулам 1.132-1.133 и 1.142-1.143); $H_{пор}$ - заглубление всасывающего отверстия под уровень жидкости.

Давление в сечении 2д (P_c) (см. рис.5.7 и формулу 5.41) зависит от величины местных и линейных потерь в напорном трубопроводе гидротранспортной установки и скоростного напора на выходе.

ВЫВОДЫ

1. Сформированы технологические схемы очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных минеральных веществ с применением разработанных комбинированных малогабаритных установок и сооружений, реализующих гидромеханические процессы водоочистки (рис.5.1, 5.2).

2. На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований приводятся методики расчетов песколовок и нефтеловушек-отстойников, гидроциклонов и центрифуг, флотаторов, скорых фильтров, газовых эжекторов в системах струйной и напорной флотаций, жидкостных эжекторов для преобразования рабочих характеристики лопастного насоса и гидроэлеваторов.

3. Разработаны конструкции ротаметрических и парциальных расходомеров для измерения расходов воздуха и воды в сооружениях технологических схем очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных минеральных веществ (см. рис.5.4-5.6) и методики измерения расходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патрашев Л.Н. Гидромеханика. - М.: Воен. - мор., 1958. - 720 с.
2. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. - М.: Физмат., 1963. - Ч. 2. - 727 с.
3. Протодьяконов И.О., Чесноков Ю.Г. Гидромеханические основы процессов химической технологии. - Л.: Химия, 1987. - 368 с.
4. Кравцов М.В. Гидравлика зернистых материалов. - Минск: Наука и техника, 1980. - 168 с.
5. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. - М.: Машиностроение, 1978. - 443 с.
6. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. - М.: Иностр. лит., 1949. - 520 с.
7. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим расчетам. - М.: Машиностроение, 1975. - 560 с.
8. Менделеев Д.И. О сопротивлении жидкости и воздухоплавании// Соч. Л.; М.: Изд-во АН СССР, 1946. - Т. 7. - С. 283-284.
9. Разработка малогабаритных установок для очистки и доочистки загрязненных стоков нефтебаз и АЭС и их внедрение: Отчет о НИР (заключительный) / Брестский инженерно-строительный институт (ВИОИ); Руководитель М.В. Кравцов. - № Г.Р. 01840065902; инв. № 0288.006504. - М., 1988. Ч.1. - 97 с.: ил. Ч.2. - 57 с.: ил. - Библиогр.: С. 40-57.
10. Ламб Г. Гидродинамика. - М.: ОГИЗ Гослехиздат, 1947. - 864 с.
11. Кравцов М.В., Суворов В.В. Скорость подъема и деформации пузырьков и капель в жидкостях // Водн. хоз-во Белоруссии. - Минск, 1975. - Вып. 5. - С. 119-130.
12. Кравцов М.В. Расчеты движения шара в вязкой среде / Ред. журнала Изв. вузов. Энергетика. - Минск, 1984. - II с. Библиогр. : 7 назв. - Деп. в ВИНТИ 6. 12. 1984, № 7789.
13. Аэров М.Э., Тедес О.М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным кипящим слоем. - М.; Л.: Химия, 1968. - 510 с.
14. Альтшуль А.Д., Войтинская Ю.А. О скорости свободного падения частицы в неподвижной жидкости // ИЖ, 1978. - Т. 35. - № 4. - С. 741-742.
15. Кравцов М.В., Суворов В.В. Сопротивление движению шаров в жидкостях при Re до 10^6 // Водн. хоз-во Белоруссии. - Минск, 1974. - Вып. 4. - С. 80-85.

16. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. - Л.: Химия, 1982. - 287 с.
17. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. М.: Стройиздат, 1974. - 480 с.
18. Минц Д.М., Шуберт С.А. Гидравлика зернистых материалов. М.; Изд-во МХХ РСФСР, 1955. - 112 с.
19. Кравцов М.В. О методике расчетов напорного транспорта однородных жидкостей в круглоцилиндрических трубах (обзоры, анализ, постановка задачи) / Ред. инженерно-физического журнала АН БССР. - Минск, 1986. - 29 с. Деп. в ВИНТИ 22.03.1985, № 2054.
20. Кравцов М.В. Основы расчетов напорного транспорта однородных жидкостей в круглоцилиндрических трубах / Ред. инженерно-физического журнала АН БССР. - Минск, 1985. - 50 с. Библиогр.: 27 назв. - Деп. в ВИНТИ 22.03.1985, № 2055.
21. Киселев П.Г. Гидравлика. Основы механики жидкости. М.: Энергия, 1980. - 360 с.
22. Тепакс Л. Равномерное турбулентное движение в трубах и каналах. - Таллин: Валгус, 1975. - 226 с.
23. Никурадзе И. Закономерности турбулентного движения жидкостей в гладких трубах // Проблемы турбулентности. М.; Л., 1936. - С. 75-150.
24. *Nikuradse f. Stromungsgesetze in rauhen Rohren. Forschungsheft, 361, VDF-Verlag, Berlin, 1933, S. 22.*
25. Шевелев Ф.А. Исследование основных гидравлических закономерностей турбулентного движения в трубах. - М.: Стройиздат, 1953. - 208 с.
26. Альтшуль А.Д., Калинин В.И. Гидравлические сопротивления трубопроводов. - М.: Стройиздат, 1961. - 250 с.
27. СНиП 2.04.02.84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - М.: Стройиздат, 1985. - С. 134.
28. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Справоч. пособие. - М.: Стройиздат, 1984. - С. 177.
29. Гейнц В.Г., Шевелев Ф.А. О гидравлическом расчете трубопроводов горячего водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. - 1986. - № 1. - С. 5-6.
30. ТУ по расчету напорного транспорте грунтов. - Л.: Энергия, 1967+ - 32 с.

31. Инструкция по гидравлическому расчету систем напорного транспорта грунтов П 59-72. - М.: Энергия, 1972. - 30 с.
32. Дфан А.П. Гидромеханизация. - М.: Стройиздат, 1974. - 324 с.
33. Карасик В.М., Асауленико И.А. Напорный гидротранспорт песчаных материалов. - Киев: Наукова думка, 1966. - 92 с.
34. Абальянц С.А. Критические скорости при гидротранспорте мелких взвесей // Гидромеханика. - Киев, 1973. - Вып. 25. - С. 51-56.
35. Силин Н.А., Коберник С.Р. Режимы работы крупных землесосных снарядов и трубопроводов. - Киев: Стройиздат, 1963. - 130 с.
36. Кравцов М.В. К расчету потерь энергии при гидротранспорте зернистых материалов // Изв. вузов. Энергетика. - 1979. - № 2.
37. Кравцов М.В. применение седиментометрического анализа для исследования скорости разложения нефтесодержащих сточных вод // Использование и охрана водных ресурсов Белоруссии. - Минск, 1966. - Ч.1. - С. 164-172.
38. Исход-заде Ю.А. Нуриев Ч.Т. Расчет отстойников. - М.: Стройиздат, 1972. - 167 с.
39. Зегзда А.П. Гидравлические потери на трение в каналах и трубопроводах. - М.: Стройиздат, 1957. - 155 с.
40. Лобачев П.В., Шевелев Ф.А. Расходомеры для систем водоснабжения и канализации. - М.: Стройиздат, 1976. - С. 126-131.
41. Каратаев Р.Н., Конырин М.А. Расходмеры постоянного перепада давления (ротаметры). - М.: Машиностроение, 1980. - 95 с.
42. А.с. 920382 СССР, М. Кл³ С 01 I/28. Расходомер. / Е.И. Дмухайло, М.В. Кравцов, И.В. Федюкович, П.В. Шведовский (СССР). - № 2957313/18-25; Заявлено 21.07.80; Опубл. 15.04. 82. Бюл. № 14/3с.
43. Кравцов М.В. О закономерностях обтекания шара отнесенным потоком вязкой среды при ротаметрическом способе измерения расхода // Инженерно-физический журнал. - 1983. - Т. XVI, - № 3. - С. 516 (статья 0,3 в.л., библиогр. 5 назв. депонирована в ВИНТИ 29.04.83, № 2285).
44. Овцова Н.З. Расчет фильтров для осветления мутных вод с учетом загрязненности фильтрующей среды // Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение пастбищ. - Новочеркасск, 1976. - Т. XVI. - Вып. 4. - С. 62-89.
45. Шниц Д.М. Современная теория фильтрования (обзор материалов VII Международного конгресса по водоснабжению) // Новая техника жилищно-коммунального хоз-ва. Водоснабжение и канализация. - М., 1967. - Вып. II. - С. 3-27.

46. Николадзе Г.И., Минц Д.М., Кагальский А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. - М.: Высш. шк., 1984. - 368 с.

47. Канализация населенных мест и промышленных предприятий // Справочник проектировщика. - М.: Стройиздат, 1981. - 638 с.

48. Дагрон. Технические записки по проблемам воды / Пер. с англ. под редакцией Т.А. Карохиной и И.Н. Чурбановой. - М.: Стройиздат, 1983. - Т.1. - 368 с.

49. Кравцов М.В. Обоснование выбора зернистого материала загрузки окорых фильтров // Изв. вузов. Стр-во и архитектура, - 1986. - № 4. - С. 88-92.

50. Кравцов М.В., Драко И.В., Березян С.Е. Фильтрация малоконцентрированных суспензий в зернистых средах скорых фильтров. // Изв. вузов. Стр-во и архитектура. - Новосибирск, 1986. - II с. - Библиогр.: III назв. - Цеп. в ИДНЭС Госстроя СССР 6.03.1986, № 6650.

51. Стахов Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. Л.: Недра, 1983. - 263 с.

52. Руководство по проектированию и расчету флотационных установок для очистки сточных вод. ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1981. - С. 638.

53. Пономарев В.Г., Иоакимис Э.Г., Монгайт И.Л. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. - М.: Химия, 1985. - 225 с.

54. Перевалов В.Г. и др. Отстаивание сточных вод от нефти // Сб. науч. тр. Всес. нефтегаз. НИИ. - М., 1984. - № 89. - С. 119-128.

55. А.с. 1286529 СССР, с 02 F 1/40, в 01 D 17/032. Нефтеолодушка / М.В. Кравцов, И.Н. Млоников, Н.В. Васин и др. (СССР). - № 3948893/31-26; Заявлено 11.06.1985; Опубл. 30.01.87. Бюл. № 4 - С. 4.; ил.

56. Гельперин И.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Книга первая. - М.: Химия, 1981. - 384 с.

57. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М.: Химия, 1987. - 496 с.

58. А.с. 1283225 СССР, с 02 F 1/26, Устройство для отстаивания сточных вод / Я.А. Карелин, Е.П. Якубовский, М.В. Кравцов (СССР). - № 3948890/31-26; Заявлено 10.07.85; Опубл. 15.01.87. Бюл. № 2.-3с.

59. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М. и др. Очистка производственных сточных вод. - М.: Стройиздат, 1979. - С. 72-73.

60. Мещеряков Н.Ф. Флотационные машины и аппараты. - М.: Недра, 1982. - 200 с.

61. Мацнев А.И. Очистка сточных вод флотацией. - Киев: Будивельник, 1976. - 132 с.

62. Лямаев В.Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л.: Машиностроение, 1988. - 278 с.

63. Карелнн В.И. Насосы с эжекторами для подъема воды из буровых скважин // Водоснабжение и санитарная техника. - 1964. - № 9. - С. 35-36.

64. Конструкции дренажно-распределительных систем сточных водочистных фильтров. Обзорная информация. - М.: Стройиздат, 1983. - № 12. - 48 с.

65. А.с. 1381074 СССР, С 02 F 1/24. Устройство для очистки сточных вод / М.В. Кравцов, И.Н. Мясников, С.В. Яковлев и др. (СССР). - № 4156660/23-26; Заявлено 24.07.86; Оpubл. 15.03.88. Вол. № 10. - 5 с.: ил.

66. А.с. 1084251 СССР, С 02 F 1/24. Устройство для очистки сточных вод / Н.В. Васиn, И.Н. Мясников, М.В. Кравцов и др. (СССР). - № 3544762/23-26; Заявлено 21.01.83; Оpubл. 07.04.84. Вол. № 13. - 3 с.: ил.

67. А.с. 1194847 СССР, С 02 F 1/24. Устройство для очистки сточных вод / М.В. Кравцов, И.Н. Мясников, Н.В. Васиn и др. (СССР). - 3752523/23-26; Заявлено 19.06.84; Оpubл. 30.11.85. Вол. № 44. - 2 с.: ил.

68. А.с. 1214597 СССР, С 02 F 1/40, В 01 D 17/02B. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод / Е.П. Якубовский, Н.В. Васиn, М.В. Кравцов и др. (СССР). - № 3791518/23-26; Заявлено 11.09.84; Оpubл. 28.02.86. Вол. № 8. - 4 с.: ил.

69. А.с. 1219527 СССР, С 02 F 1/24. Устройство для очистки сточных вод / М.В. Кравцов, Н.В. Васиn, И.Н. Мясников и др. (СССР). - № 3738584/23-26; Заявлено 21.05.84; Оpubл. 23.03.86. Вол. № 11. - 4 с.: ил.

70. А.с. 1237637 СССР, С 02 F 1/40, В 01 D 17/02B. Устройство для очистки сточных вод / Е.П. Якубовский, В.И. Чижов, М.В. Кравцов и др. (СССР). - № 3791519/23-26; Заявлено 11.09.84; Оpubл. 15.06.86. Вол. № 22. - 3 с.: ил.

71. А.с. 1420353 СССР, С 02 F 1/24. Устройство для очистки сточных вод / М.В. Кравцов, С.В. Яковлев, И.Н. Мясников и др. (СССР). - № 4200001/26; Заявлено 24.02.87; Оpubл. 15.10.88. Вол. № 38. - 4 с.: ил.

72. Фейдж и Тоуненд. Исследование турбулентного течения при помощи ультрамикроскопа // Проблемы турбулентности. М.; Л., 1936. - С. 163-164.
73. Таманаев А.В. Течения в каналах МГД-устройств. - М.: Атомиздат, 1979. - 336 с.
74. Яковлев С.В., Мясников И.Н., Кравцов М.В. Методика расчета флотационной очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. - 1987. - № 12. - С. 23-25.
75. Яковлев С.В., Мясников И.Н., Кравцов М.В. Расчет скорых фильтров с зернистой загрузкой // Водоснабжение и санитарная техника. - 1986. - № 11. - С. 7-8.
76. Яковлев С.В., Мясников И.Н., Кравцов М.В. Расходомеры в комбинированных установках водоочистки // Водоснабжение и санитарная техника. - 1989. - № 1. - С. 6-7.
77. Кравцов М.В. Факторы, определяющие процесс всплывания эмульгированных нефтепродуктов // Вопросы водн. хоз-ва Белоруссии. - Минск, 1965. - С. 176-181.
78. Кравцов М.В. К расчету скорости осаждения нанбсов // Изв. вузов. Энергетика. - 1966. - № 4. - С. 89-93.
79. Кравцов М.В. К вопросу моделирования процессов осаждения взвесей // Изв. вузов. Энергетика. - 1976. - № 4. - С. 112-116.
80. Кравцов М.В. Сопротивление свободному установившемуся движению сферы в вязкой среде // Инж. физич. журн. - 1968. - Т. XV. - № 3. - С. 464-470.
81. Кравцов М.В. Формула для расчета скорости равномерного движения капель в статических условиях среды // Водоотведение и очистка воды. - Минск, 1969. - С. 64-75.
82. Кравцов М.В. К аналитическому методу расчета кривых оседиментации полидисперсных монокомпонентных систем // Очистка сточных и природных вод. - Минск, 1970. - С. 61-64.
83. Кравцов М.В., Суворов В.В. К вопросу седиментации частиц сферической формы // Водн. хоз-во Белоруссии. - Минск, 1970. - Вып. 1. - С. 144-150.
84. Кравцов М.В., Суворов В.В. Свободное неустановившееся падение шара в жидкости // Водн. хоз-во Белоруссии. - Минск, 1973. - Вып. 3. - С. 148-152.
85. Кравцов М.В. Стесненное осаждение твердых сферических частиц // Водн. хоз-во Белоруссии. - Минск, 1974. - Вып. 4. - С. 80-89.
86. Кравцов М.В. Гидравлические сопротивления труб // Мелиорация переувлажненных земель. - Минск, 1974. - С. 115-118.

87. Кравцов М.В., Суворов В.В., Федюкович И.В. Влияние формы на скорость осаждения осесимметричных тел в жидкостях // Водн. хоз-во Белоруссии. - Минск, 1975, - Вып. 5. - С. 130-138.
88. Кравцов М.В. К гидравлическому расчету движения однородной жидкости в зернистой среде // Изв. вузов. Стр-во и архитектура, 1977. - № 1. - С. 108-113.
89. Кравцов М.В. К гидравлическому расчету отстойников ГЭС // Изв. вузов. Энергетика, 1978. - № 2. - С. 106-111.
90. *Kravtsov M.V. Modeling of settling of suspended Solids. Fluid Mech. Sov. Res. 1976, (4), 5.*
91. Кравцов М.В. Расчет фильтрации жидкостей в деформируемых зернистых средах // Изв. вузов. Стр-во и архитектура. - Ново-сибирск, 1977. - 12 с. - Библиогр.: 11 назв. - деп. в ВИНИИ Госстроя СССР, 25.04.1977, № 753.
92. Кравцов М.В. Основные закономерности фильтрации однородной жидкости в плотных зернистых средах // Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции в г. Ровно, УИИВХ. Краевые задачи фильтрации. - Ровно, 1979. - С. 182-183.
93. Кравцов М.В. Гидравлические свойства загрузок скорых фильтров из различных зернистых материалов // Пробл. водоотведения и очистки сточных вод. - Минск 1980. - С. 67-76.
94. Кравцов М.В., Крук В.М. Оптимизация расчетов гидравлических сопротивлений с помощью ЭВМ // Пробл. водн. ресурсов. - Минск, 1980. - С. 25-28.
95. Кравцов М.В. Напорное течение жидкостей в трубах круглого поперечного сечения при малых числах Рейнольдса // Пробл. водн. ресурсов. - Минск, 1980. - С. 58-62.
96. Кравцов М.В. Методика расчета интенсивностей промывок загрузок скорых фильтров из различных зернистых материалов // Водоотведение и оценка качества поверхностных вод. - Минск, 1983. - С. 133-138.
97. Кравцов М.В., Дмухайло Е.И., Федюкович И.В. К определению расхода воды ротаметрами // Водн. хоз-во и гидротехническое стр-во. - Минск, 1982. - С. 88-92.
98. Кравцов М.В. Определение значений коэффициента гидравлического трения при расчетах потерь напора в трубопроводах // Изв. вузов. Энергетика. - Минск, 1983. - 8 с. - Библиогр.: 12 назв. - деп. в ВИНИИ 29.04.1983, № 2285.

99. Кравцов М.В. Гидравлические расчеты водопроводных труб // Изв. вузов. Энергетика. - Минск, 1986. - II с. - Библиогр.: 7 назв. - Деп. в ВИНИТИ Минжилкомхоза РСФСР 18.02.1986, № 95-ДЖК.

100. Яковлев С.В., Мясников Н.Н., Кравцов М.В. и др. Комбинированная установка для очистки нефтесодержащих сточных вод // Тез. докладов Всесоюз. научн. конф. "Охрана от загрязнений сточными водами водоемов бассейнов внутренних морей (20--27 ноября 1987 г.). - Тбилиси, 1987. - С.7-8.

101. Карелин Я.А., Косимов А.Г., Кравцов М.В. О методике расчета канализационных пластмассовых труб // Водоснабжение и санитарная техника. - 1989. - № 6. - С.5-6.

102. Кравцов М.В. К гидравлическому расчету каналов прямоугольного сечения // Изв. вузов. Энергетика, 1990. - № 5. - С.117-122.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
I. ТВОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	4
I.1. Общие представления и уравнения гидромеханических процессов при установившемся движении и обтекании тел в вязкой несжимаемой жидкости	4
I.2. Движение и обтекание одиночного тела в безгра- ничной вязкой несжимаемой жидкости	35
I.3. Движение одиночных капель и пузырьков сферической формы в безграничном объеме вязкой несжимаемой жидкости	40
I.4. Стесненное стенками движение и обтекание одиночного тела в вязкой несжимаемой жидкости, групповое осаждение тел, осаждение взвесей и взвешивание зернистых слоев	51
I.5. Фильтрация однородной жидкости в плотной зернистой среде	66
I.6. Напорное равномерное движение воды в круглоцилиндрических трубах	72
I.7. Напорное равномерное движение гидросмесей в круглоцилиндри- ческих трубах (напорный гидротранспорт)	80
I.8. Безнапорное равномерное движение гидросмесей (безнапорный гидротранспорт)	83
I.9. Стесненное стенками обтекание одиночного шара в наклонных круглоцилиндрических трубах	93
ВЫВОДЫ	102
2. ФИЛЬТРОВАНИЕ МАЛОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ В ЗЕРНИСТЫХ ЗАГРУЗКАХ СКОРЫХ ФИЛЬТРОВ	105
ВЫВОДЫ	124
3. ФЛОТАЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ВЗВЕШЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД	126
ВЫВОДЫ	131
4. ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И СООРУЖЕНИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ВЗВЕШЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ	132
4.1. Гравитационное осветление сточных вод	132
4.2. Осветление сточных вод в поле центробежных сил	147
4.3. Осветление сточных вод в осветлителях со взвешенным слоем осадка	153

4.4. Озветдение сточных вод флотацией	155
4.5. Озелтдение сточных вод фильтрованием в зернистых загрузках скорых фильтров	162
4.6. Озелтка сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных минераль- ных веществ в комбинированных устройствах	168
ВЫВОДЫ	182
5. МЕТОДИКИ РАСЧЕТОВ И КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ В СООРУЖЕНИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ВЗВЕШЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ	183
5.1. Технологические схемы озелтки	183
5.2. Расчеты песколовков и нефтеловушек-отстойников	187
5.3. Расчеты гидроциклонов и центрифуг	190
5.4. Расчеты флотаторов	191
5.5. Расчеты скорых фильтров	193
5.6. Конструкции и расчеты расходомеров в технологических схемах озелтки сточных вод	197
5.7. Расчеты струйных насосов	205
5.7.1. Общие положения	205
5.7.2. Расчет газового эжектора в системе струйной флотации . .	211
5.7.3. Расчет газового эжектора в системе напорной флотации . .	212
5.7.4. Расчет жидкостного эжектора для преобразования рабочих характеристик лопастного насоса	213
5.7.5. Расчет гидровзвешивателя	213
ВЫВОДЫ	216
ЛИТЕРАТУРА	217
ПРИЛОЖЕНИЕ	224

Производственное издание

Кравцов Марат Васильевич

Гидромеханические процессы

и

осоружения гидроочистки

Зав редакцией Э.И.Липницкий. Редактор Т.Н.Мухина. Художественный редактор А.В.Васильев. Технический редактор М.М.Соколовская. Корректор К.А.Степанова

МБ № 2914

Подписано к печати 30.03.90. АТ 16051. Формат 60х84 1/16.
Бумага кн.-журн.офсетная. Офсетная печать. Усл.печ.л. 13,26.
Усл.кр.-отт.13,72. Уч.-изд.л. 13,91. Тираж 2500 экз.

Заказ 5351. Цена 2 р.

Издательство "Ураджай" Государственного комитета Белорусской ССР по печати. 220600. Минск, пр.Машерова, 11.

Отпечатано на роталитне в типографии "Победа". Молодечно, ул.Тавлая, 11.