

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«МИРЭА – Российский технологический университет»**

# РТУ МИРЭА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**по дисциплине «Энерго- и ресурсосберегающие технологии в области техносферной безопасности»**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 20.04.01 «Техносферная безопасность»**

**ПРОГРАММА**

**"Экологическая безопасность и надзор в промышленности"**

**КВАЛИФИКАЦИЯ ВЫПУСКНИКА**

**МАГИСТР**

**Москва 2021**

## Содержание

Общие положения

1. Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ
2. Порядок выполнения лабораторной работы № 1 «Определение необходимых характеристик транспортировки воды и сточных вод путем определения напорно-расходной характеристики насоса»
3. Порядок выполнения лабораторной работы № 2 «Определение расходов транспортируемого ресурса в целях экспертной оценки проектных решений»
4. Порядок выполнения лабораторной работы № 3 «Анализ возможностей расхода воды по величине падения давления на мерной диафрагме в целях осуществления технического надзора»
5. Порядок выполнения лабораторной работы № 4 «Формирование экспертной оценки характеристик тепловодоснабжения с помощью терморезистивного преобразователя»
6. Порядок выполнения лабораторной работы № 5 «Определение

эффективности работы фильтров для процессов очистки и подготовки воды для оценки соответствия проектных решений»

1. Порядок выполнения лабораторной работы № 6 «Изучение

эффективности очистки воды по показателям: цветность, мутность, жесткость, хлориды, рН»

# Общие положения

* к работе в специализированных лабораториях кафедры экологической и промышленной безопасности допускаются лица, ознакомленные с данными методическими рекомендациями для студентов по выполнению практических лабораторных работ;
* работа студентов в специализированных лабораториях кафедры экологической и промышленной безопасности разрешается только в присутствии преподавателя ведущего занятия;
* во время перерыва проводится обязательное проветривание лабораторий с обязательным выходом студентов из аудитории;
* каждый учащийся в лабораториях кафедры экологической и промышленной безопасности в ответе за состояние своего рабочего места и сохранности размещенного оборудования; • нельзя находиться в лабораториях в верхней одежде;
* запрещается:
	+ класть одежду и сумки на свое рабочее место во избежание инцидентов и опасных ситуаций;
	+ находиться в лабораториях с напитками и едой;
	+ присоединять или отсоединять кабели, трогать разъемы, провода и розетки;
	+ передвигать лабораторное оборудование;
	+ пытаться самостоятельно устранять неисправности в работе аппаратуры.

# Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ

1. Не загромождать рабочее место посторонними предметами и личными вещами;
2. приступать к работе только после прохождения входного контроля:
3. предоставления преподавателю письменно оформленных результатов подготовки к выполнению работы (ответы на вопросы);
4. по итогам написания теста к лабораторной работе;
5. перед началом эксперимента поставить в известность преподавателя;
6. выполнять опыты с токсичными и пожароопасными веществами в соответствии с требованиями и в последовательности, изложенными в практикуме;
7. производить отбор газа из баллона с помощью соответствующего редуктора;
8. не отлучаться от установок (приборов) во время проведения эксперимента;
9. не употреблять напитки и пищевые продукты в помещении лабораторного практикума;
10. обо всех неполадках, обнаруженных в работе установок (приборов), немедленно ставить в известность преподавателя;
11. не отключать электрические приборы и оборудование выдергиванием вилки из розетки за шнур;
12. об окончании эксперимента сообщить преподавателю и приступить к обработке результатов опытов;
13. получить визу преподавателя в лабораторном журнале о выполнении работы.

# лабораторной работы № 1

## «Определение необходимых характеристик транспортировки воды и сточных вод путем определения напорно-расходной характеристики насоса»

1. Ознакомьтесь со схемой лабораторной установки (рис.1.2) и расположением приборов. Составьте описание и заготовить таблицу 1.1 для регистрации результатов испытаний.
2. Подготовьте установку к испытаниям. Удостоверьтесь, что уровень воды наблюдается в заливочном устройстве (ЗВ) и не ниже его середины, в противном случае долейте жидкость в систему. Подтеки не допускаются.
3. Подключите стенд к сети 220 В.
4. Подключите автоматизированный стенд к USB разъему компьютера и запустить программу Пуск —> Программы —>MeasLAB —>

«Испытание насосов».

1. Включите питание стенда автоматом АВ «Сеть».
2. Откройте краны подачи воды ЗК1, ЗК2 и ЗК5, остальные закройте.
3. Включите насос Н1. кнопкой ВК1.
4. При включенном насосе Н1, регулируя краном ЗК5 установите 6-ть различных значений давлений в магистрали, контролируемых по датчику давления 1.
5. Для каждого давления произведите 5-ть измерений по счетчику расхода воды G, л/мин.
6. Определить давление, создаваемое насосом в магистрали ΔР с учетом поправки на уровень воды в резервуаре (Па):

 ∆𝑃𝑃=𝑃𝑃*м* −𝑃𝑃*вх* (1.1)

где: Рм- показания манометра, Па;

Рвх - давление на входе в насос, создаваемое столбом жидкости в резервуаре, Па:

 𝑃𝑃*вх* = 𝐻𝐻𝑖𝑖 ∙ 𝑝𝑝 ∙ 𝑔𝑔 (1.2)

Hi- разность уровней воды в резервуаре и на входе в насос, м; р - плотность воды, 998 кг/м3; g - ускорение свободного падения, 9,8 м/с2.

Результаты измерений занесите в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Результаты измерений и расчётов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п  | Pм, Па  | Pвх, Па  | Н(ΔP), Па  | G, л/мин  |
|   |   |   |   |   |

По экспериментальным данным построить графическую зависимость напорно-расходной характеристики насоса. Примерный вид напорнорасходной характеристики насоса приведен на рис. 1.3 в координатах ΔР (Па) - G (л/мин).



Рис 1.3. Примерный вид напорно-расходной характеристики насоса

# 2

## «Определение расходов транспортируемого ресурса в целях экспертной оценки проектных решений»

1. Ознакомиться со схемой лабораторной установки и расположением приборов, рис.2.2. Составить описание и заготовить таблицы для регистрации результатов испытаний.
2. Подключить стенд к сети 220 В.
3. Подключить автоматизированный стенд к USB разъему компьютера. 4. Включить питание стенда однополюсным АВ, «сеть 220В».
4. Запустить программу Пуск —> Программы —>МеаsLАВ —>

«Измерения в водоснабжении». Для более подробного знакомства работы с программным обеспечением, откройте описание «Руководство по работе с программным обеспечением».

1. При включении компьютерной системы измерения кнопкой «Пуск» в программе на цифровых индикаторах лицевой панели отображаются мгновенные значения в реальном времени всех параметров.
2. Байпасный кран ЗК1 открыть на половину. Остальные краны закрыть.
3. Включить насос тумблером ВК1.
4. Открыть краны РК1-5 и РК2-1 емкость ЕВО начнет наполняться водой.
5. При срабатывании нижнего датчика уровня 8(загорится индикатор нижний уровень воды) включить секундомер на экране компьютера Или нажать кнопку «Установить метку» на приборе счетчик воды при срабатывании верхнего датчика записать время заполнения, нижний дисплей.
6. Измерить расход воды Qрасх по расходомеру (РС). Значение записать в табл.2.1.
7. При срабатывании верхнего датчика уровня 9 (загорится индикатор верхний уровень воды) выключить секундомер.
8. Повторить опыт, полученные значения занести в табл.2.1.
9. Провести серию опытов при другом расходе воды, регулируя ЗК1.
10. Сравнить полученные данные расхолов объемным способом Qоб и с помощью расходомера Qрас.
11. Полученные значения занести в табл.2.1.
12. Выключить насос клавишей ВК1.
13. Слить воду из емкости ЕВО открыв кран РК2-1 и РК2-5.

Таблица 2.1. Результаты измерения расхода воды.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п.  | V, л  | t, с  | Qоб, л/мин  | Qср, л/мин  | Qрасх, л/мин  | ΔQ, л/мин  | δQ, %  |
|   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |

1. Рассчитайте объемный расход по формуле 2.1. Объем бака V в данной работе равен 2,5 л:

###  𝑄𝑄 = 𝑉𝑉⁄𝑡𝑡, л/мин (2.1)

20. Рассчитайте средний расход воды. Принцип измерения среднего расхода с помощью мерной емкости проиллюстрирован на рисунке 2.3. Пусть в момент времени t1 в мерной емкости содержится объем жидкости V1, и в емкость равномерно поступает жидкость по времени. Объем жидкости в емкости в момент времени t2 равен V2, тогла средний расход поступающей жидкости равен:

(𝑉𝑉1−𝑉𝑉2) 𝑄𝑄*ср* = (𝑡𝑡1−𝑡𝑡2) (2.2)

# 3

## «Анализ возможностей расхода воды по величине падения давления на мерной диафрагме в целях осуществления технического надзора»

1. Ознакомиться со схемой лабораторной установки и расположением приборов, рис.3.2. Составить описание и заготовить таблицы для регистрации результатов испытаний.
2. Подключить стенд к сети 220 В.
3. Подключить автоматизированный стенд к USB разъему компьютера.
4. Включить питание стенда однополюсным АВ, «сеть 220В».
5. Запустить программу Пуск —> Программы —>МеаsLАВ —>

«Измерения в водоснабжении». Для более подробного знакомства работы с программным обеспечением, откройте описание

«Руководство по работе с программным обеспечением».

1. При включении компьютерной системы измерения кнопкой «Пуск» в программе на цифровых индикаторах лицевой панели отображаются мгновенные значения в реальном времени всех параметров.
2. Байпасный кран ЗК1 открыть на половину. Остальные краны закрыть.
3. Открыть краны РК1-4, РК2-4 и РК2-1 провести испытания ‘на диафрагме МД1 с одновременным замером расхода объемным методом. На экране компьютера появится значение перепада давления на диафрагме (6 и 7). Значение перепада давления занести в табл.3.1:
4. Включить насос тумблером ВК1.
5. Регулируя байпасным вентилем ЗК1 добиться перепада давлений на дифманометре ДМ1.
6. При заполнении емкости ЕВО выключить насос. Слить воду.
7. Повторить опыт, полученные значения занести в табл.3.1.
8. Провести серию опытов при другом расходе воды регулируя ЗК1. Полученные значения занести в табл.3.1.
9. Открыть краны РК1-3, РК2-3 и РК2-1 провести испытания на диафрагме МД2 с замером перепада давлений визуальным способом.
10. Выключить насос клавишей ВКТ.
11. Слить воду из емкости ЕВО открыв кран РК2-1 и РК2-5.
12. Вычислить тарировочный коэффициент *К* для диафрагм МД1 и МД2 при средних значениях воспользовавшись формулой 3.1.

### Таблица 3.1. Измерение расхода воды

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п.  | ΔР, Па  | ΔРср, Па  |   | V, л  | t, с  |   | Q, л/мин  | К  |
|   |   |   |   |  2,5  |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |  2,5  |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |

# 4

##  «Формирование экспертной оценки характеристик тепловодоснабжения с помощью терморезистивного преобразователя»

1. Ознакомиться со схемой лабораторной установки и расположением приборов, рис.4.6. Составить описание и заготовить таблицы для регистрации результатов испытаний.
2. Подключить стенд к сети 220 В.
3. Подключить автоматизированный стенд к USB разъему компьютера.
4. Включить питание стенда однополюсным АВ, «сеть 220В».
5. Запустить программу Пуск —> Программы —>МеаsLАВ —>

«Измерения в водоснабжении». Для более подробного знакомства работы с программным обеспечением, откройте описание

«Руководство по работе с программным обеспечением».

1. При включении компьютерной системы измерения кнопкой «Пуск» в программе на цифровых индикаторах лицевой панели отображаются мгновенные значения в реальном времени всех параметров. Для вывода графика изменения температуры надо активировать кнопку “графики” на лицевой панели.
2. Байпасный кран ЗК1 открыть на половину. Остальные краны закрыть.
3. Вынуть преобразователь ДТ2 из емкости.
4. Заполнить емкость ЕВН водой так, чтобы преобразователь ДТ1 находился в воде минимум на 5 см. Для заполнения емкости открыть кран РК1-1, включить насос клавишей ВК1. После наполнения емкости закрыть кран РК1-1, выключить насос
5. Включить нагреватель клавишей ВК2 и кнопкой «Старт» на контроллере температуры (см. описание стенда). Дождаться отключения нагрева при достижении заданной температуры 45°С.
6. Ввести подвижный преобразователь ДТ2 в емкость. По мере прогрева ДТ2 снимать параметры в графическом режиме на экране компьютера.
7. В программе МеаsLab перейти в окно графики, выбрать графическое изображение только температур t4; t5; сузить диапазон на экране компьютера до пределов измеряемых значений, и после выравнивания температур скопировать график и распечатать для последующего анализа.
8. Вынуть ДТ2 из емкости, повесить на стенд, так, чтобы металлический стержень не касался частей стенда.
9. По мере остывания ДТ2 снимать параметры в графическом режиме на экране компьютера, см.п.11.
10. Слить воду из емкости открыв кран РК1-1.

# 5

## «Определение эффективности работы фильтров для процессов очистки и подготовки воды для оценки соответствия проектных решений»

1. Изучить методические указания, заготовить форму отчета в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемых процессах, схему экспериментальной установки, заготовить таблицы для записи результатов измерений и вычислений.
2. Подключить компьютерную систему измерения к многоканальному аналоговому преобразователю выходных сигналов дифференциальных датчиков перепадов давления на фильтрах и ионной колонны.
3. Включить компьютерную систему и вызвать программу «Очистка воды”.
4. Подготовить четыре мерных стакана. Один поставить под слив грязной воды, а второй на выход чистой воды.
5. Подключить стенд к сети 220 В.
6. Включить питание стенда автоматом АВ «Сеть 220В».
7. Замерить расход воды по расходомеру V, л/мин.
8. Замерить перепады давления на фильтрах ΔР.
9. Результаты записать в табл.5.1.
10. Рассчитать скорость воды по формуле

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 4𝑄𝑄 𝜗𝜗 = 2 𝜋𝜋𝜋𝜋𝑚𝑚𝑝𝑝где dтр= 5 мм-диаметр трубки, Q-расход воды в м3/с. 11. Определить режим движения в трубке по формуле  |   | (5.1)  |
| 𝜗𝜗∙𝜋𝜋 𝑅𝑅𝑅𝑅 = 𝑚𝑚𝑝𝑝 ν-6 2 где ν=1,01\*10 , м /с  12. При Rе<10000 диаметр пор d определяется по формуле  |   | (5.2)  |
|  d   |   | (5.3)  |

∆P

где L=15 мм — толщина фильтрующего материала по ходу движения

воды;

μ — динамическая вязкость воды при комнатной температуре, μ=1000\*106,Па\*с.

1. Результаты расчетов записать в табл.5.1.
2. Повторить расчет по пунктам 7-12 для другого расхода.

Таблица 5.1. Результаты измерений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п  | V, л/мин  | ΔР, Па  | Q, м /с  | ϧ, м/с  | Re  | ν, м /с  | μ, Па\*с  | d, мм  |
| 1  |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2  |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3  |   |   |   |   |   |   |   |   |

 3 2

# 6

## «Изучение эффективности очистки воды по показателям: цветность, мутность, жесткость, хлориды, рН»

1. При работе фильтра в установившемся режиме отобрать по 50 мл воды с каждого этапа фильтрования для измерения значений показателя рН, мутности, оптической плотности и концентрации выбранных веществ (в данной работе Ca2+ и Cl-).
2. Измерить искомые величины в соответствии с инструкциями используемых приборов. Провести измерения значений показателя рН, мутности, оптической плотности и концентрации выбранных веществ. Полученные данные занести в табл.6.1.
3. Построить графики изменения рН, мутности, оптической плотности и концентрации веществ для каждой степени очистки.
4. Вычислить эффективность каждого фильтра, окончательно заполнить табл.6.1. и сделать самостоятельные выводы по выполненной работе.

Таблица 6.1. Результаты измерений

|  |  |
| --- | --- |
|  | Значение измеренных показателей воды  |
| Ступени  | pH  | Мутность, FTU  | Оптическая плотность, %  | Ca2+, мг/л  | Cl-, мг/л  |
| 1  |   |   |   |   |   |
| 2  |   |   |   |   |   |
| 3  |   |   |   |   |   |
| 4  |   |   |   |   |   |
|  | Эффективность ступени по изменению показателя  |
| Ступени  | pH1/pHi  |   |   | Ca12+/Cai2+  | Cl1-/Cli-  |
| 1  |   |   |   |   |   |
| 2  |   |   |   |   |   |
| 3  |   |   |   |   |   |
| 4  |   |   |   |   |   |