

Доклад Е.В.Крючковой:  
**Результаты производственных испытаний  
контрольно-измерительных модулей ООО "НВЦ УНИТОК"  
на СПВ "Кама-Ижевск" МУП г. Ижевска "Ижводоканал"**

**Период проведения испытаний:** с января 2014 г. по июнь 2015 г.

**Состав АСУ ТП:**

- контрольно-измерительный и управляющий модуль автоматического дозирования коагулянта КИМ АДК;
- контрольно-измерительный модуль «Коагулянт-Осветлитель»;
- контрольно-измерительный модуль промывки фильтров КИМ ПФ.

**1. Краткая характеристика объекта и  
схема размещения контрольно-измерительных модулей**

**1.1. Краткая характеристика объекта**

Станция "Кама-Ижевск" предназначена для подготовки воды питьевого качества и подачи ее потребителям. Проектная производительность очистных сооружений 185 тыс.м<sup>3</sup>/сут., фактическая ~160-180 тыс.м<sup>3</sup>/сут.

Схема очистки воды: двухступенчатая. С водозабора вода поступает в смесители вертикального типа №1 и №2; после смесителей №1 и №2 - соответственно на секции П-5 и Л-4 в камеры хлопьеобразования зашламленного типа, встроенные в отстойники; далее - в горизонтальные отстойники и затем на скорые фильтры. После фильтров вода поступает в резервуары чистой воды, откуда насосами насосной станции 2-го подъема подается в городскую водопроводную сеть.

Перед смесителями в трубопроводы исходной воды подается:

- хлорная вода для первичного обеззараживания;
- коагулянт;
- сульфат аммония для образования связанного хлора.

После смесителей подается флокулянт для интенсификации процесса коагуляции.

Для проведения испытаний был выполнен перенос точек ввода хлорной воды и сульфата аммония в водоводы после смесителя дальше точки отбора пробы воды с коагулянтом и флокулянтом по ходу воды на 2м в целях исключения влияния данных реагентов на её электропроводность.

В трубопроводы подачи воды на фильтры подается хлорная вода (дробное хлорирование) и щелочной реагент (сода или известковое молоко).

В трубопроводы фильтрованной воды предусмотрена подача щелочного реагента (кальцинированная сода) и хлорной воды (вторичное хлорирование).

Подача рабочего раствора коагулянта к месту ввода в трубопроводы исходной воды перед смесителями производится при помощи насосов (Х20-18, КМ 32-22-120, КМ 35-32-130, 1,5Х-6Д), требуемый расход выставляется при помощи преобразователей частоты (типа «Сбережок») и расходомеров (типа «Взлёт-ЭР»).

Общий расход сырой воды, поступающей на СПВ определяется расходомерами (типа «Взлёт-ЭР»), отдельно на смеситель №1 (секция П-5) и смеситель №2 (секция Л-4) не определяется.

## **1.2. Схема размещения контрольно-измерительных модулей**

Для проведения испытаний были проведены следующие мероприятия по размещению КИМ:

- выполнены монтажные работы по установке оборудования КИМ;
- проложены полиэтиленовые трубы от мест врезки для отбора проб до оборудования КИМ и для отвода воды от оборудования КИМ в канализацию;
- выполнены врезки для отбора проб:

### **1) Для КИМ АДК:**

- проба № 1\* - исходная вода - водовод перед смесителем №2 до ввода коагулянта;
- пробы № 2, 3 - вода с коагулянтом в 2-х водоводах на выходе из смесителя с последующим их усреднением в механическом смесителе для исключения влияния неполного перемешивания реагентов с водой в смесителе №2 на результаты измерения дозы коагулянта кондуктометрическим способом.

### **2) Для КИМ "Коагулянт-Осветлитель":**

- проба №1 - исходная вода - трубопровод подачи воды на смеситель №2;
- пробы № 4, 5 - вода с реагентами (коагулянт, флокулянт) смесителя №2 - с 2-х трубопроводов отвода воды из смесителя №2;
- пробы № 6,7 - вода с реагентами смесителя №1 - с 2-х трубопроводов отвода воды из смесителя №1;
- пробы № 8, 9 - вода после отстойников секции П-5 - трубопроводы на входе фильтров №2 и №4;
- пробы № 10, 11 - вода после отстойников секции Л4 - трубопроводы на входе фильтров №6 и №8;
- пробы №12-16 - фильтрованная вода после фильтров №№ 1-4 секции П-5;
- пробы №17-20 - фильтрованная вода после фильтров №№ 6-9 секции Л-4.

Врезки для проб воды с фильтров №№ 3, 8 выполнены отдельно, с фильтров №№ 1, 2, №№ 5, 6 и №№7,9 - параллельно.

### **3) Для анализатора КИМ ПФ:**

- проба № 21-24 - промывная вода с фильтров № 1, 2, 3, 5.

## 2. Анализ работы КИМ ООО "НВЦ УНИТОК"

### 2.1. Контрольно-измерительный модуль автоматического дозирования коагулянта (КИМ АДК)

В процессе испытаний КИМ АДК производил измерение дозы коагулянта, подаваемой в смеситель №2 на секцию Л-4, кондуктометрическим способом по разности электропроводностей проб воды, отобранных до и после введения коагулянта, и автоматическое управление насосом-дозатором, подающим в смеситель рабочий раствор коагулянта.

В автоматическом режиме управления дозирования рабочим раствором коагулянта по измеренной дозе автоматически менялся его расход для поддержания заданной дозы.

В ручном режиме задавался расчетный расход коагулянта и поддерживался постоянным независимо от измеренной дозы.

Информация о дозах и расходе рабочего раствора коагулянта была представлена на рабочем компьютере техника-технолога в графическом и табличном виде, а также сохранена в архиве. По архивным данным инженер-технолог мог восстановить картину дозирования коагулянта за любой период времени. Также можно было вести контроль за работой технологического персонала с другого компьютера в режиме «Онлайн» через удаленный доступ.

Техник-технолог на экране компьютера мог видеть непрерывную картину дозирования коагулянта, при отклонениях от нормы мог оперативно отреагировать. *Например, в автоматическом режиме при снижении концентрации рабочего раствора коагулянта для поддержания заданной дозы начнет увеличиваться расход реагента и может достичь предельных значений для насоса (не хватит производительности насоса-дозатора). В таких случаях нужно немедленно переходить в работу на другой бак с более высокой концентрацией.*

Для нормальной работы КИМ АДК требовалось ежедневное проведение градуировки модуля, для этого 1 раз в сутки нужно было определять в лаборатории дозы коагулянта в смесителе по методике ООО "НВЦ УНИТОК". При проведении градуировки КИМ АДК расхождения показаний дозы коагулянта, измеренной модулем, с показаниями, измеренными в лаборатории, находились в пределах 0,5 мг/л. Продолжительность лабораторного анализа составляла около 40 минут. В результате наряду с упрощением работы по дозированию коагулянта оперативного персонала увеличилась дополнительная нагрузка на лабораторный персонал.

При проведении I этапа испытаний КИМ АДК не были учтены некоторые особенности технологического процесса реагентной очистки воды на СПВ «Кама-Ижевск». Так как одним из направлений в очистке воды на станции является её стабилизационная обработка, то для повышения стабильности чистой воды в различные периоды года применяется несколько методов её

обработки. Наряду с подачей щелочных реагентов в обрабатываемую воду до и после фильтров (известкового молока и соды) на станции применяется бинарная система дозирования двух коагулянтов разной основности в один поток воды.

Переход станции в определенные периоды на бинарную систему дозирования коагулянтов поставил перед ООО «НВЦ УНИТОК» новые задачи: учитывая особенности технологического процесса реагентной очистки воды на СПВ «Кама-Ижевск», заключающиеся в необходимости одновременного дозирования в оба смесителя коагулянтов 2-х типов и флокулянта, а также сложность установки расходомеров сырой воды перед смесителями №№ 1 и 2, модернизировать модуль АДК для обеспечения одновременного автоматического поддержания заданных доз 2-х типов коагулянта и флокулянта, вводимых в смесители №№ 1 и 2, а также автоматического расчётного определения расходов сырой воды через каждый из смесителей.

## 2.2. КИМ "Коагулянт-Осветлитель"

В процессе испытаний КИМ «Коагулянт-Осветлитель» производил автоматический контроль 12-ти проб воды, отобранных с разных участков технологического процесса очистки (исходной воды, после смесителей, отстойников и фильтров) по показателям "рН" и "мутность", а также проведение "пробных коагуляций" на пробах воды, отобранных после смесителя. Так как один модуль может производить контроль только 12-ти проб воды, врезки и подвод на модуль проб воды был выполнен только с 4-х отстойников (№№2, 4, 6, 8), с фильтров №№3, 8 отдельно, а с фильтров №№1,2, №№5,6 и №№7,9 параллельно. Для контроля работы каждого отстойника можно дополнительно выполнить врезки и подвести параллельно на модуль пробы воды с каждого отстойника.

Очередность контроля анализируемых проб воды задавалась как в автоматическом, так и ручном (нужная проба выбиралась техником-технологом) режимах.

Информация о качестве воды на разных этапах очистки была представлена на рабочем компьютере техника-технолога в графическом и табличном виде, а также сохранена в архиве.

Техник-технолог на экране компьютера мог видеть непрерывную картину измерения заданных показателей качества воды на различных участках технологического процесса, при отклонениях от нормы мог оперативно отреагировать. *Например, при резком снижении мутности воды после смесителя можно сделать вывод о сбое в подаче коагулянта на смеситель. Если произошел сбой в подаче коагулянта, то это подтвердится и показаниями КИМ АДК. Повышение мутности после отстойника указывает на неправильно подобранные дозы реагентов (коагулянт и флокулянт), если это подтверждается результатами проведения "пробных коагуляций". Если "пробные коагуляции" проходят хорошо, то увеличение мутности говорит о выносе хлопьев из отстойника, а, следовательно, о необходимости вывода*

*отстойника на промывку. Повышение мутности фильтрата указывает на необходимость вывода фильтра на промывку. По показаниям мутности фильтрата можно подбирать индивидуальный фильтроцикл для каждого фильтра в различные периоды года.*

Режим «пробной коагуляции», проведение которого возможно на пробах воды, отобранных после смесителей, позволял моделировать процесс осветления коагулированной взвеси в отстойниках, тем самым прогнозировать значение мутности очищаемой воды на их выходе, а также автоматически вычислять скорость осветления коагулированной взвеси и осуществлять оперативную оптимизацию рабочих доз используемых реагентов.

Инженер-технолог по архивным данным мог восстановить ход технологического процесса за любой период времени. Также можно было вести контроль за работой технологического персонала с другого компьютера в режиме «Онлайн» через удаленный доступ.

Для проведения калибровки модуля 1 раз в сутки требовалось определение в лаборатории мутности одной пробы воды. При проведении калибровки КИМ «Коагулянт-Осветлитель» расхождения показаний мутности пробы воды, измеренной модулем, с показаниями, измеренными в лаборатории, более чем на 0,5 мг/л наблюдались очень редко. Калибровка показаний модуля производилась быстро и несложно.

Персонал станции легко освоил данное оборудование.

### **2.3. Контрольно-измерительный модуль промывки фильтров (КИМ ПФ)**

В процессе испытаний КИМ ПФ производил автоматический контроль мутности промывной воды и расчёт количества взвешенных веществ, удаляемых из фильтрующей загрузки, при промывке фильтров № 1, 2, 3 и 5 секции П-5.

Информация о качестве промывной воды в период промывки фильтра была представлена на приборе в фильтровальном зале и на рабочем компьютере техника-технолога в графическом и табличном виде, а также сохранена в архиве. В фильтровальном зале были установлены световой и звуковой сигналы о достижении мутности промывной воды значения 15 мг/л.

С помощью КИМ ПФ контролировалась мутность пробы воды, отобранной из канализационного трубопровода фильтров №1, 2, 3, 5 и выявлялось необходимое и достаточное её конечное значение, не приводящее к ухудшению качества фильтрата и технологических характеристик фильтра. При наступлении момента стабилизации мутности промывной воды (при мутности 15 мг/л) промывка фильтра прекращалась.

В начале испытаний с марта по июль 2014г. при мутности фильтрата до промывки ниже 0,95 мг/л проводились укороченные промывки фильтров №1, 2, 3, при мутности 0,95 мг/л и выше проводились полные промывки («до чистой воды»).

Был выполнен технологический контроль за работой фильтров №№1, 2, 3 до начала испытаний, в середине и конце по интенсивности промывки,

степени расширения фильтрующей загрузки и остаточным загрязнениям загрузки. По результатам технологического контроля в начале и середине испытаний состояние фильтров не изменилось. В конце испытаний зафиксировано увеличение в 5,5 раз остаточных загрязнений загрузки фильтра №2 по причине некорректного отбора проб (в последующем отбор проб на остаточные загрязнения стали проводить после промывки фильтров «до чистой воды»).

На втором этапе испытаний КИМ ПФ был установлен следующий режим промывки фильтров:

- фильтры №№ 1, 5 - полная промывка («до чистой воды»);
- фильтры №№ 2,3 - укороченная промывка в экономичном режиме до  $M_{кон}=15$  мг/л в течение 4-х суток, на 5-е - до чистой воды.

Фильтры №№ 2, 3 промывать в экономичном режиме только при мутности фильтрата перед промывкой  $< 0,95$  мг/л.

Перед началом II этапа испытаний промыты все фильтры «до чистой воды» и выполнены работы по технологическому контролю фильтров с определением следующих показателей:

- степень расширения фильтрующей загрузки, %;
- интенсивность промывки, л/сек.м<sup>2</sup>;
- остаточные загрязнения в фильтрующем слое загрузки, %;
- фактическое время промывки по осветлению промывной воды на поверхности фильтра, мин;
- состояние поверхности загрузки фильтра после его полной промывки.

Далее выполнялись работы по технологическому контролю 1 раз в месяц после промывки всех фильтров «до чистой воды».

По результатам технологического контроля за работой фильтров №1, 2, 3, 5 их состояние за период испытаний не изменилось, кроме увеличения времени промывки «до чистой воды» фильтров №№ 2, 3, промываемых в экономичном режиме, с 8 до 11 минут.

По результатам испытаний с октября 2014г. по январь 2015г. не было отмечено влияния экономичных (укороченных) промывок на качество фильтрата по показателям "мутность" и "остаточный алюминий".

За данный период экономия промывной воды у фильтров с экономичным режимом промывки по сравнению с фильтрами с полной промывкой составила 26 %.

# Анализ работы контрольно-измерительных модулей

## ООО "НВЦ УНИТОК"

### 1. Контрольно-измерительный и управляющий модуль автоматического дозирования коагулянта АДК

Положительные стороны	Отрицательные стороны
<ul style="list-style-type: none"><li>- отслеживание текущих значений дозы и расхода рабочего раствора коагулянта (в табличном и графическом виде) как в ручном, так и в автоматическом режимах управления;</li><li>- изменение расхода коагулянта для поддержания заданной дозы в автоматическом режиме управления по измеренной дозе;</li><li>- поддержание постоянного расхода коагулянта в ручном режиме управления независимо от дозы;</li><li>- дистанционное управление насосом дозирования коагулянта;</li><li>- контроль за работой технологического персонала станции в режиме "Онлайн" и по архивным данным;</li><li>- отсутствие замечаний к программному обеспечению КИМ АДК.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- требуется перенос точек ввода реагентов (хлор, сульфат аммония);</li><li>- необходим постоянный проток воды в канализацию, требуется система возврата воды;</li><li>- для проведения ежедневной градуировки прибора необходимо проведение лабораторного анализа, продолжительностью около 40 минут по методике ООО "НВЦ "УНИТОК";</li><li>- расхождение результатов лабораторного анализа с показаниями АДК достигает 0,5 мг/л;</li><li>- при переходе с одного вида коагулянта на другой требуется проведение новой градуировки.</li></ul>

<b>2. Контрольно-измерительный модуль "Коагулянт-осветлитель"</b>	
Положительные стороны	Отрицательные стороны
<ul style="list-style-type: none"> <li>- отслеживание текущих значений мутности и рН в 12-ти пробах воды (в табличном и графическом виде) на разных этапах очистки в режиме реального времени с выбором очередности контроля анализируемых проб как в автоматическом, так и ручном режимах управления;</li> <li>- проведение пробных коагуляций на установленных дозах коагулянта, возможность оперативно подбирать оптимальные дозы без привлечения лаборатории;</li> <li>- контроль за работой технологического персонала станции в режиме "Онлайн" и по архивным данным;</li> <li>- своевременное выявление сбоев в технологическом процессе;</li> <li>- быстрое и несложное проведение ежедневной калибровки прибора, расхождение результатов лабораторного анализа с показаниями КИМ "Коагулянт-Осветлитель" не превышают 0,5 мг/л;</li> <li>- отсутствие замечаний к программному обеспечению КИМ АДК.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- регулярно забиваются трубопроводы подачи воды со смесителей, требуется их периодическая промывка или установка насосов;</li> <li>- необходима установка повысительных насосов на трубопроводы подвода фильтрованной воды, т.к. перед промывкой увеличиваются потери напора и уменьшается поток на установке;</li> <li>- модуль предназначен для приема 12 проб воды, для увеличения количества анализируемых проб необходима установка дополнительного модуля или подвод нескольких проб воды на одну точку (например, проба №8 - фильтры №1 и №2) с переключением вручную вентилем с одной пробы на другую;</li> <li>- необходим постоянный проток воды в канализацию, требуется система возврата воды.</li> </ul>



<b>3. Контрольно-измерительный модуль промывки фильтров КИМ ПФ</b>	
Положительные стороны	Отрицательные стороны
<ul style="list-style-type: none"> <li>- снижение объемов воды на промывку фильтров;</li> <li>- снижение объемов сброса промывной воды в р. Октябринка.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- увеличение фактического время промывки по осветлению промывной воды на поверхности фильтра (время промывки до «чистой воды»);</li> <li>- опасность снижения барьерной роли фильтров в зимне-весенний период за счет уменьшение времени их промывки (на практике не подтверждено);</li> <li>- опасность насыщения загрузки карбонатом кальция в летне-осенний период при усиленной обработке воды известковым молоком, приводящего к увеличению остаточного алюминия в чистой воде (на практике не подтверждено).</li> </ul>

**Результаты технологического контроля за работой фильтров №1, 2, 3  
(февраль – июль 2014г.)**

Технологические параметры фильтров	фильтр №1			фильтр №2			фильтр №3		
	до испытаний (февраль)	в середине (апрель)	в конце (июль)	до испытаний (февраль)	в середине (апрель)	в конце (июль)	до испытаний (февраль)	в середине (апрель)	в конце (июль)
Степень расширения фильтрующей загрузки, %	29	29	35	36	37	43	43	34	50
Интенсивность промывки, л/сек. м <sup>2</sup>	15,6	13,8	14,7	15,6	14,7	15,6	15,6	14,7	14,7
Остаточные загрязнения в фильтрующем слое загрузки, %	2,29	1,7	3,72	1,75	1,88	11,1	2,97	2,08	2,4

**Результаты технологического контроля за работой фильтров №1, 2, 3, 5  
(июль 2014г. – январь 2015г.)**

Технологические параметры фильтров		07.14	08.14	09.14	10.14	11.14	12.14	01.15	02.15	03.15
Степень расширения фильтрующей загрузки, %	ф. № 1	35,2	-	21,4	-	22,7	-	-	-	27,5
	ф. № 2	42,9	-	33,6	-	31,5	-	-	-	32,5
	ф. № 3	50,0	-	32,4	-	33,1	-	-	-	28,5
	ф. № 5	-	-	17,8	-	20,0	-	-	-	20,0
Интенсивность промывки, л/сек. м <sup>2</sup>	ф. № 1	14,7	14,7	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	13,9
	ф. № 2	15,6	15,6	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	15,6
	ф. № 3	14,7	14,7	14,7	15,6	14,7	14,7	13,9	14,7	14,7
	ф. № 5	-	-	17,9	16,7	14,7	16,7	16,7	17,9	15,6
Остаточные загрязнения в фильтрующем слое загрузки, %	ф. № 1	3,72	-	1	-	0,8	-	-	-	0,38
	ф. № 2	11,1	-	1,6	-	0,7	-	-	-	0,28
	ф. № 3	2,4	-	0,99	-	0,7	-	-	-	0,55
	ф. № 5	-	-	0,25	-	0,5	-	-	-	0,15
Фактическое время промывки по осветлению промывной воды на поверхности фильтра (время промывки до «чистой воды»), мин	ф. № 1	11	10	10	10	10	10	11	11	11
	ф. № 2	8	9	11	11	11	12	12	11	11
	ф. № 3	8	9	12	12	12	13	14	10	10
	ф. № 5	-	-	10	10	10	11	10	9	9
Состояние поверхности загрузки фильтра после его полной промывки	ф. № 1	техническая пленка по поверхности всего фильтра								
	ф. № 2									
	ф. № 3									
	ф. № 5									

## Результаты II этапа испытаний КИМ ПФ

		фильтр № 1				фильтр № 2				фильтр № 3				фильтр № 5			
		10.14	11.14	12.14	01.15	10.14	11.14	12.14	01.15	10.14	11.14	12.14	01.15	10.14	11.14	12.14	01.15
Общее количество промывок фильтра в месяц, шт		64	60	62	63	62	60	62	62	63	60	62	63	81	108	71	66
Экономичные промывки	кол-во	0				42	43	47	46	45	50	51	48	0			
	%	0%				68%	72%	76%	74%	71%	83%	82%	76%	0%			
Промывки до "чистой воды"	кол-во	50	33	39	41	12	6	9	0	6	6	3	0	25	18	9	6
	%	78%	55%	63%	65%	19%	10%	15%	0%	10%	10%	5%	0%	31%	17%	13%	9%
Максимальная мутность промывной воды	мин./ макс.	11,2-40,4	15,1-88,9	12,4-74,7	14,9-97,8	12,0-103,2	12,2-148,0	12,3-145,7	11,2-163,9	12,6-123,5	12,3-159,2	13,0-142,3	12,8-186,4	10,4-135,4	10,2-27,6	10,2-22,2	120,9-151,8
	ср.	18	25	31	41	34	63	81	116	43	76	88	121	67	18	16	136
Продолжительность промывок фильтра	общ.	606	589	639	679	504	492	504	502	522	520	538	549	722	872	693	669
	ср.	9,5	10 (9,8)	10 (10,3)	11 (10,8)	8 (8,1)	8 (8,2)	8 (8,1)	8 (8,1)	8 (8,2)	8,5 (8,7)	8,5 (8,7)	8,5 (8,7)	9 (8,9)	8 (8,1)	10 (9,8)	10 (10,1)
Площадь фильтрации, м <sup>2</sup>		117,0				115,7				114,9				112,7			
Интенсивность промывки, л/сек. м <sup>2</sup>		15,6				16,1				14,7				16,1			
Расчетный расход воды на промывку фильтра, м <sup>3</sup>	общ.	66364	64503	69978	74359	56330	54989	56330	56107	52900	52698	54522	55637	78603	94933	75446	72833
	ср.	1037	1075	1129	1180	909	916	909	905	840	878	879	883	970	879	1063	1104

**Схема размещения модулей (КИМ ООО "НВЦ УНИТОК") АСУ ТП реагентной очистки воды  
на СПВ "Кама-Ижевск" МУП г. Ижевска "Ижводоканал"**

