

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ВЫБОРА УФ УСТАНОВОК, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД И ПУТИ СНИЖЕНИЯ ИХ ЭНЕРГОЁМКОСТИ

Производственно - практический журнал «Водоснабжение и водоотведение» -№1/14–2014, С.36 – 42

С.Н. Шаляпин, директор Харьковской электротехнической компании, действительный член Инженерной Академии Украины,

Т.С. Шаляпина, м.н.с. Харьковская электротехническая компания

О преимуществах применения ультрафиолетового излучения для обеззараживания сточных вод написано уже достаточно много. И уже мало кто сомневается в целесообразности широкого применения метода УФ обеззараживания в практике водоподготовки и водоотведения. На сегодняшний день на рынке Украины представлено достаточно большое количество УФ установок, предназначенных для обеззараживания воды. Однако из-за отсутствия чётких критериев выбора технологи и конструкторы часто теряются в этом разнообразии. Для осуществления правильного выбора необходимо чётко представить область применения конкретной УФ установки и понять, возможно ли с её помощью решить поставленную задачу. Далее необходимо проанализировать возможность встраивания этой установки в существующий или проектируемый технологический процесс очистки сточных вод, а также оценить объём капитальных работ, необходимых для осуществления монтажа выбранной УФ установки. После чего необходимо оценить эксплуатационные качества этой УФ установки (например, возможность её эксплуатации в энергосберегающем режиме), а также затраты, связанные с эксплуатацией выбранной УФ установки.

Для облегчения проведения выбора УФ установки в первую очередь необходимо чётко понимать, что эффективность и энергоёмкость процесса обеззараживания сточных вод непосредственно зависят от степени предварительной очистки стоков. Чем чище вода, т. е. чем меньше она содержит взвешенных веществ, тем меньшее количество электроэнергии необходимо УФ установке для её обеззараживания. Количество содержащихся в очищенных сточных водах (например, после их биологической очистки) взвешенных частиц, как правило, не превышает 10 - 15 мг/дм³. Для обеззараживания сточных вод с таким содержанием взвешенных веществ необходимо применять УФ установку, которая обеспечивает величину УФ дозы (количество поглощённой стоками бактерицидной энергии) в пределах от 30 мДж/см² (300 Дж/м²) до 40 мДж/см² (400 Дж/м²). При этом необходимо помнить, что чем выше величина УФ дозы, тем надёжнее происходит обеззараживание воды. Так например, для обеззараживания сточных вод, которые могут содержать различные вирусы, например вирус гепатита, минимальное значение УФ дозы не должно быть менее 40 мДж/см² (400 Дж/м²) [1]. Для обеззараживания сточных вод, содержащих различные паразитарные патогены величина обеззараживающей УФ дозы должна превышать 65 мДж/см² (650 Дж/м²) [2]. Многолетний опыт эксплуатации УФ установок показывает, что метод УФ обеззараживания сточных вод успешно может применяться и для обеззараживания сточных вод с содержанием взвешенных частиц и с более высоким содержанием взвешенных

веществ. Однако при этом необходимо учитывать, что для обеззараживания более загрязнённых сточных вод требуются более мощные УФ установки.

Таким образом, первым критерием, указывающим область применения метода УФ обеззараживания, является степень предварительной очистки воды, т.е. количество содержащихся в обеззараживаемой воде взвешенных веществ.

На рис. 1 показана усреднённая зависимость удельного расхода электроэнергии УФ установок с лампами низкого давления в зависимости от содержания в воде взвешенных веществ.

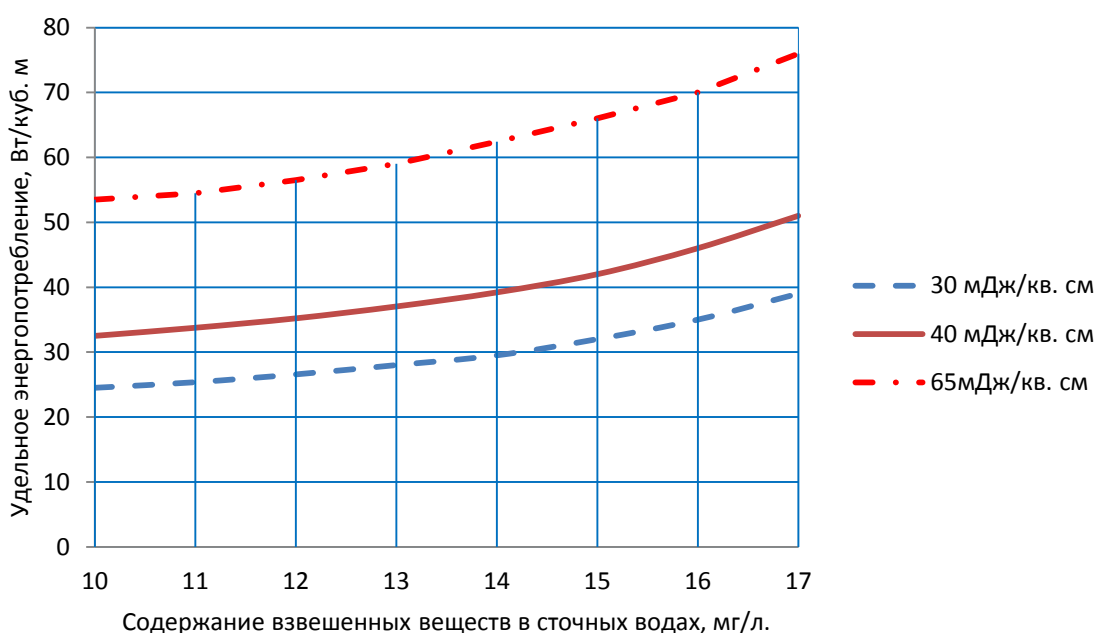


Рис. 1. График зависимости энергоёмкости УФ установок с лампами низкого давления при дозах УФ излучения равных 30 мДж/см², 40 мДж/см² и 65 мДж/см² от содержания в сточных водах взвешенных веществ

Пользуясь этой диаграммой можно ориентировочно оценить затраты электроэнергии, необходимые для обеззараживания предварительно очищенных хозяйственно - бытовых сточных вод в зависимости от содержания в них взвешенных веществ. Например, затраты электроэнергии, необходимой для обеззараживания 1000 м³/ч сточных вод с содержанием взвешенных частиц равным 15 мг/дм³ (15 мг/л) при величине поглощённой дозы равной 40 мДж/см² будут равны 42 Вт/м³ · 1000 м³/ч = 42 000 Вт/ч. Т.е. для обеззараживания сточных вод с содержанием взвешенных веществ, равным 15 мг/дм³ при величине дозы УФ излучения, равной 40 мДж/см² необходимо применить УФ установку мощностью не менее 42 кВт.

Далее необходимо выбрать конструктивное исполнение УФ установки. Для этого вначале необходимо определиться с типом УФ установки и выбрать либо УФ установку канального (лоткового) типа или УФ установку корпусного типа. УФ установку канального (лоткового) типа целесообразно применять в том случае, когда отвод сточных вод осуществляется по открытому каналу (лотку). В этом случае возможно размещение обеззараживающих кассет УФ установки непосредственно в существующем канале (лотке)

или в специальном колодце. В случае если сточные воды отводятся по закрытому коллектору, становится целесообразным применение УФ установки корпусного типа. Установки корпусного типа, как правило, размещаются в закрытых отапливаемых помещениях, например в помещениях насосных станций, либо их размещают в специально построенных сооружениях или колодцах.



Рис. 2. УФ установка канального типа ВДОГРАЙ® 22В8КС



Рис. 3. Установка корпусного типа ВДОГРАЙ® В24АС-Т10

После выбора типа УФ установки необходимо внимательно изучить эксплуатационные особенности выбранной УФ установки. Прежде всего, необходимо обратить особое внимание на её среднюю и мгновенную производительность, величину дозы УФ излучения, коэффициент прозрачности воды в УФ диапазоне или коэффициент поглощения (различные производители указывают тот или другой параметр). Далее необходимо особое внимание обратить на тип и количество применяемых в установке УФ ламп, а также на их ресурс. В УФ установках могут применяться как содержащие ртуть УФ лампы низкого или среднего давления, так и амальгамные УФ лампы низкого давления. Ресурс современных УФ ламп низкого давления составляет от 8 000 до 16 000 часов [2]. Ресурс УФ ламп среднего давления, как правило, не превышает 3 500 – 5 000 часов. УФ установки, в которых применяются УФ лампы среднего давления, обладают более широким спектром УФ излучения (так называемым «мультиволновым» или полихроматическим УФ излучением). Они характеризуются компактностью и довольно значительной энергоёмкостью. При одинаковой производительности энергопотребление УФ установок с лампами среднего

давления в 3 – 4 раза больше, чем у УФ установок с лампами низкого давления. В УФ установках с лампами низкого давления могут применяться как ртутные лампы, в которых активный элемент – ртуть содержится в свободном виде, так и амальгамные лампы. В амальгамных УФ лампах ртуть содержится в связанном виде – в виде амальгамы ртути, что обеспечивает более высокую безопасность в случае нарушения целостности колбы лампы.

Следующим критерием в выборе конструктивного исполнения УФ установки является тип метода очистки кварцевых чехлов, в которых располагаются УФ лампы. Дело в том, что при эксплуатации УФ установок происходит довольно быстрое загрязнение наружной поверхности кварцевых чехлов находящимися в обеззараживаемой воде органическими веществами. В результате такого загрязнения происходит резкое снижение прозрачности кварцевых чехлов, что приводит к снижению величины обеззараживающей УФ дозы. На рис. 4 показана зависимость изменения интенсивности УФ излучения от степени загрязнённости кварцевого чехла.

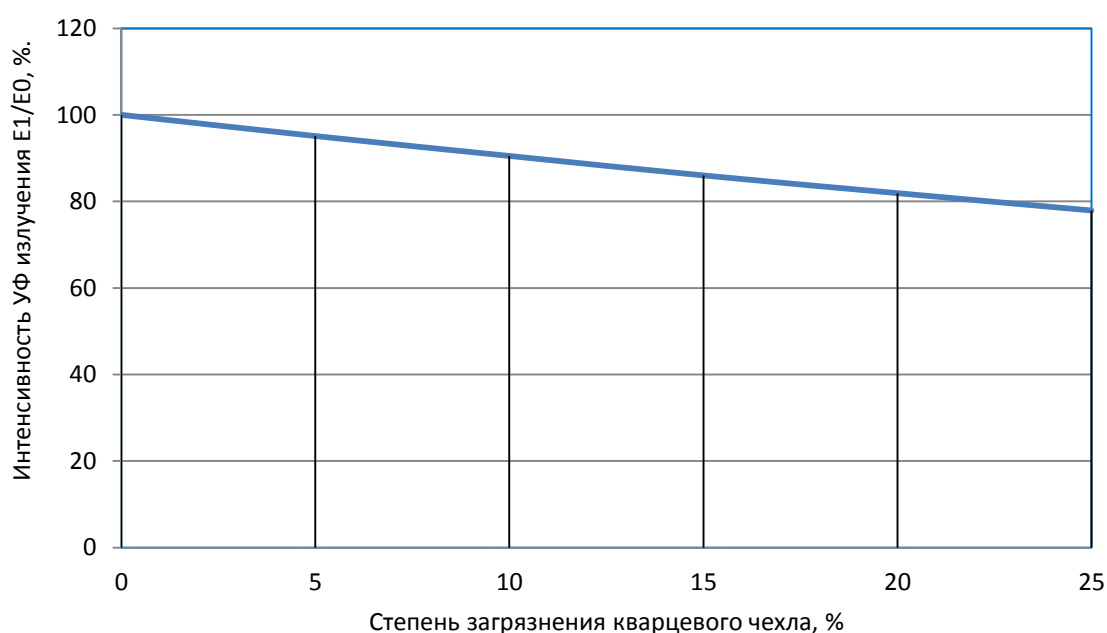


Рис. 4. Изменение интенсивности УФ излучения при прохождении им кварцевого стекла от степени его загрязнения

Из приведённого на рис. 4 графика видно, что уже при загрязнении кварцевого чехла на 10%, интенсивность УФ излучения уменьшается на 10 – 12%, соответственно, на эту же величину возрастает количество потребляемой УФ установкой электроэнергии. Чем чище кварцевый чехол, тем меньше энергии требуется для обеззараживания воды. Следовательно, для снижения количества потребляемой УФ установкой электроэнергии необходимо обеспечить качественную и своевременную очистку кварцевых чехлов.

Для очистки кварцевых чехлов обычно применяются два метода очистки: химическая или механическая. Химическая очистка заключается в промывке всего внутреннего объёма камеры обеззараживания или всего канала (лотка) специальным моющим раствором. Механическая очистка кварцевых чехлов заключается в периодической очистке кварцевых чехлов при помощи специального встроенного в УФ установку очистного механизма с

автоматическим приводом. Сразу стоит заметить, что оба метода очистки обеспечивают достаточно высокую степень очистки наружных поверхностей кварцевых чехлов. Кроме того, применение метода химической очистки обеспечивает очистку всей внутренней поверхности камеры обеззараживания или канала. Однако, для осуществления очистки этим методом необходимо произвести выключение УФ установки. Затем необходимо добавить в воду определённое количество моющего средства и обеспечить циркуляцию всего находящегося в камере обеззараживания или канале объёма воды. Учитывая большую трудоёмкость этой операции, время, необходимое для осуществления этой операции (в зависимости от величины УФ установки) составляет от 30 минут до нескольких часов. При этом периодичность промывки во многом зависит от количества содержащихся в обеззараживаемой воде органических веществ. Для поддержания необходимой степени чистоты кварцевых чехлов камеру обеззараживания или канал (лоток) рекомендуется промывать не реже 1 раза в неделю.

В качестве альтернативы довольно трудоёмкому и затратному методу химической очистки в УФ установках широко применяются специальные очистные механизмы, которые встраиваются в конструкцию камеры обеззараживания или обеззараживающей секции. Конструктивно такие очистные механизмы состоят из надетых на кварцевый чехол резиновых или полимерных манжет, которые при помощи специального механизма движутся вдоль цилиндрической поверхности кварцевого чехла и счищают с его поверхности различные загрязнения. Основным преимуществом такой системы очистки является возможность обеспечения высокой прозрачности кварцевого чехла, а, следовательно, и необходимой интенсивности потока УФ излучения (или величины УФ дозы), на протяжении всего срока эксплуатации установки без выключения её для проведения профилактической очистки.

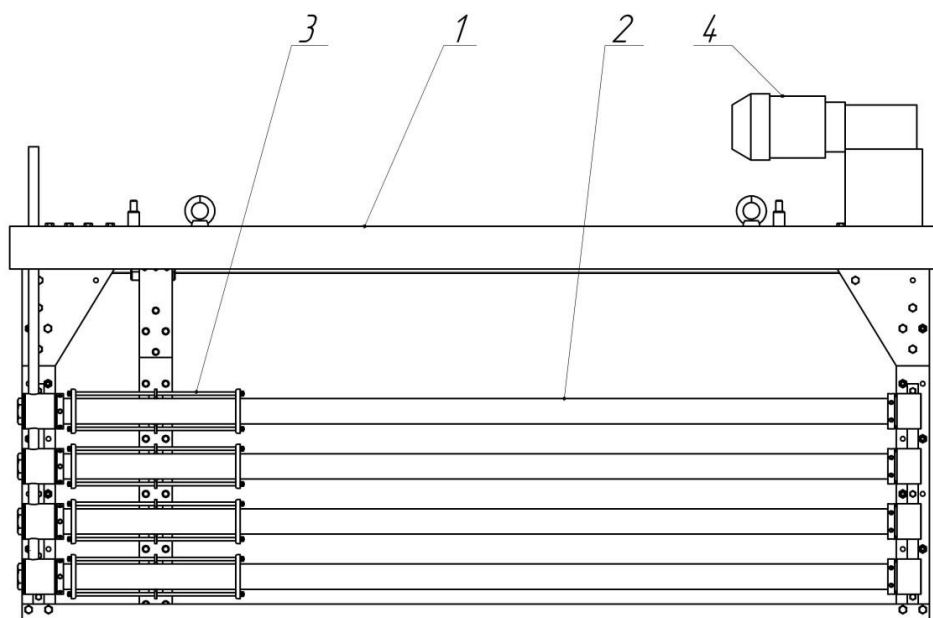


Рис. 5. Обеззараживающая кассета со встроенным механизмом очистки кварцевых чехлов с автоматическим электрическим приводом: 1 – рама, 2 – кварцевый чехол, 3 – щеточный узел, 4 – электрический привод механизма очистки кварцевых чехлов.

Ещё одним фактором, оказывающим значительное влияние на эксплуатационные качества УФ установки, является система контроля и управления (СКУ). Система контроля управления должна обеспечивать контроль основных параметров установки в режиме реального времени, а также обеспечивать возможность оперативного управления УФ установкой (желательно в автоматическом режиме). Прежде всего, система контроля и управления должна обеспечивать контроль работы всех установленных в установке УФ ламп, учёт времени работы УФ установки, контроль работы механизмов очистки кварцевых чехлов или блока промывки, контроль интенсивности УФ излучения (контроль величины УФ дозы). Кроме осуществления оперативного контроля СКУ должна обеспечивать подачу звукового или светового аварийного сигнала при работе УФ установки в нештатном режиме. Перечисленные выше функции СКУ обеспечивают возможность осуществления постоянного контроля текущей работы УФ установки.

Вышеперечисленный перечень контролируемых параметров не является исчерпывающим. В зависимости от стоящих перед УФ установкой технологических задач он может быть значительно расширен. Как правило, в современных УФ установках СКУ размещается в одном шкафу с системой питания УФ ламп. С одной стороны такое размещение СКУ обеспечивает возможность оперативного контроля основных параметров работы УФ установки непосредственно с места её размещения. С другой стороны, такое размещение СКУ не всегда удобно с точки зрения оперативного контроля за текущей работой УФ установки, например, с удалённого рабочего места оператора, которое может располагаться на расстоянии нескольких десятков метров от места размещения самой УФ установки. Поэтому для осуществления удалённого оперативного контроля за работой УФ установки желательно, чтобы она дополнительно была оснащена выносным блоком контроля и управления.

Для более наглядного рассмотрения возможностей СКУ рассмотрим функционирование системы контроля и управления на примере работы многоламповой УФ установки канального типа ВОДОГРАЙ® 22В8КС.

УФ установка ВОДОГРАЙ® 22В8КС состоит из 22 обеззараживающих кассет, шести шкафов с источниками питания УФ ламп, шкафа управления и системы автоматического контроля и управления (САУ) на базе промышленного компьютера, которая размещается на расстоянии нескольких десятков метров от обеззараживающих секций и шкафов ПРА. Все 22 обеззараживающие кассеты помещены в одном канале, по которому протекает весь объём обеззараживаемой воды. Каждая кассета содержит по 8 УФ ламп, которые для защиты от непосредственного соприкосновения с обеззараживаемой водой помещены в цилиндрические кварцевые чехлы, и систему механической очистки кварцевых чехлов с электрическим приводом. В шкафах ПРА кроме блоков питания УФ ламп установлены блоки управления механизмами очистки кварцевых чехлов. В УФ установке смонтировано 176 ламп. Для контроля мгновенного расхода воды УФ установка оснащена ультразвуковым расходомером. Система автоматического контроля и управления соединена со шкафами ПРА при помощи интернет кабеля.

САУ обеспечивает: оперативный контроль работы всех 176 УФ ламп, управление работой 22 механизмов очистки кварцевых чехлов, контроль уровня воды в канале и

управление системой его поддержания, контроль интенсивности УФ излучения (контроль дозы УФ излучения); управление количеством одновременно работающих УФ ламп в зависимости от расхода протекающей по каналу воды.

Алгоритм работы УФ установки в энергосберегающем режиме заключается в обеспечении соответствия определённого количества одновременно работающих УФ ламп мгновенному расходу воды. Учитывая большую суточную неравномерность потока сточных вод через все, установленные в один канал 22 обеззараживающие кассеты, кассеты были сгруппированы в четыре независимо управляемых блока. Первый блок, состоящий из обеззараживающих кассет под номерами с 1 по 6 и второй блок, состоящий из кассет под номерами с 7 по 12, включены постоянно и обеспечивают обеззараживание воды при её расходе в количестве менее 50% от максимального значения (что соответствует работе очистных сооружений в ночное время). В третьем блоке объединены кассеты под номерами с 13 по 18, в четвёртом – под номерами с 19 по 22, которые автоматически включаются при увеличении потока воды. Так, второй или третий блоки кассет включаются поочерёдно при расходе обеззараживаемой воды в диапазоне от 50 до 75%. При потоке обеззараживаемой воды, превышающем 75% от максимального значения, одновременно включены все четыре блока кассет. Приведённый выше алгоритм работы УФ установки обеспечивает достаточно высокий уровень обеззараживания сточных вод и позволяет отслеживать суточные и сезонные колебания расхода обеззараживаемой воды. Управление УФ установкой в таком режиме существенно снижает затраты электроэнергии, необходимые для обеззараживания всего объёма сточных вод и уменьшает потребность в сменных УФ лампах, что существенно сказывается на себестоимости УФ обеззараживания.

Оперативный контроль и управление УФ установкой может одновременно осуществляться с двух пультов управления: с локального и с удалённого. Локальный оперативный пульт управления размещается в шкафу управления, который располагается рядом со шкафами ПРА. Он состоит из встроенной в шкаф управления сенсорной панелью контроллера, который обеспечивают контроль основных параметров УФ установки, упрощённую визуализацию происходящих в УФ установке процессов и позволяет осуществлять оперативное управление установкой непосредственно с места её размещения. Что очень удобно при выполнении технического обслуживания установки.

Общее управление УФ установкой осуществляется с удалённого пульта управления, который располагается в помещении оперативного персонала станции очистки сточных вод (операторской). Удалённый пульт управления состоит из специализированного компьютера и локальной сети интернет, по которой на этот компьютер передаётся вся информация о работе УФ установки. Пример управления работой УФ установки с удалённого компьютеризированного пульта управления показан на рис. 6.

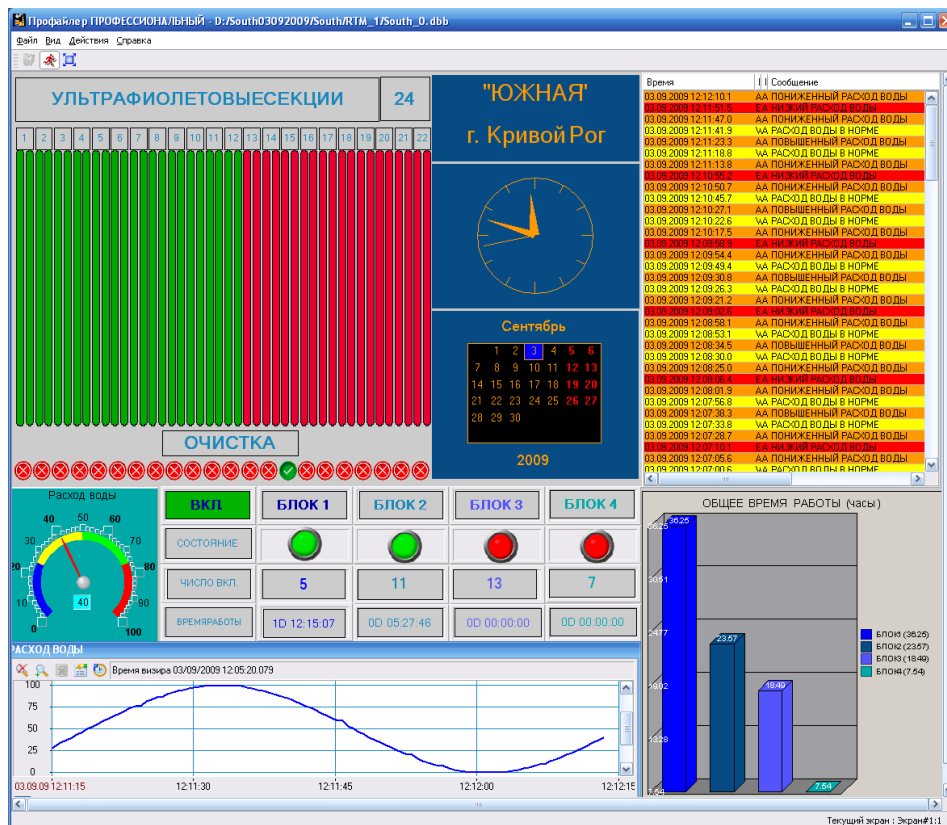


Рис. 6. Графический монитор системы автоматического управления работой УФ установки ВОДОГРАЙ® 22В8КС. Удалённый пульт управления

Вся информация о работе УФ установки отражается на экране компьютера при помощи графических элементов. В верхнем левом углу экрана размещены разноцветные линейные индикаторы, которые извещают о работе обеззараживающих кассет. Каждая из 22 кассет, которые содержат по 8 УФ ламп, пронумерована и отображается двумя секциями УФ ламп по 4 штуки в каждой. Учитывая, что УФ лампы включаются отдельными секциями по 4 штуки, каждая такая секция УФ ламп показана на схеме одним элементом зелёного или красного цвета. Зелёный цвет секции обозначает, что все 4 лампы включены, соответственно красный – выключены. В соответствии со схемой подключения для контроля работы всех установленных в 22 кассеты 176 УФ ламп, достаточно использовать 44 графических элемента. Над кассетами под номерами 20 – 22 указано общее число одновременно работающих УФ секций, в данном случае - 24.

Ниже, под УФ лампами располагается экран контроля за работой механизмов очистки кварцевых чехлов. Каждый очистной механизм отображается круглым индикатором зелёного или красного цвета. Зелёный цвет индикатора указывает на работу механизма очистки кварцевых чехлов. Количество индикаторов соответствует числу обеззараживающих кассет.

Ещё ниже на экране размещён динамический указатель расхода воды, который отградуирован в процентах от максимального расхода (при желании может быть и другая градуировка). Справа от этого указателя размещаются круглые индикаторы под названием БЛОК 1, ..., БЛОК 4, которые отображают, какой из блоков УФ ламп работает в настоящее

время. Под каждым индикатором БЛОК... размещена ячейка, в которой отображается общее время работы данного блока УФ ламп (ресурс УФ ламп). При выработке ресурса, например, через 16 000 часов, цвет ячейки изменяется на красный и появляется надпись «РЕСУРС». Кроме того информация о времени наработки отдельных блоков УФ ламп размещена в правом нижнем углу экрана в виде диаграммы.

На расположенном в левом нижнем углу экрана на графике отображается изменение расхода обеззараживаемой воды в каждый момент времени работы УФ установки.

В верхней правой части экрана расположено табло событий и тревог, показывающее изменяющуюся с течением времени работы УФ установки таблицу состояний системы контроля, которая отображает моменты включения и выключения как всей УФ установки, так и отдельных обеззараживающих секций, кассет и блоков. В таблице также находят своё отображение информация о расходе воды, уровне интенсивности УФ излучения, работе механизмов очистки кварцевых чехлов и др. Все строки таблицы записываются в текстовый файл, который может быть использован для анализа работы УФ установки.

Литература.

1. Методические указания МУ 2.1.5.732-99. Санитарно-эпидемиологический надзор за обеззараживанием сточных вод ультрафиолетовым излучением.
2. Методические указания МУ 3.2.1757-03. Профилактика паразитарных болезней. Санитарно-паразитологическая оценка эффективности обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением.