

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МАЛЫХ РЕК СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА И РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ РАДИАЛЬНО-ОСЕВОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

Щербаков А.Ю. – студент, Пальшин В.А. – аспирант, Иванова Т.Ю. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Сибирский Федеральный округ обладает значительными гидроэнергетическими ресурсами, на пример в Алтайском крае протекает 17085 рек общей протяженностью 51004 км, из них 16309 (95 %) длиной менее 10 км и 776 (5 %) длиной более 10 км, в т.ч. 32 реки протяженностью более 100, из них 3 – более 500 км. Практически возле каждой реки расположены несколько малых населенных пунктов, туристических комплексов, фермерских хозяйств и др., которые испытывают острую потребность в электроэнергии, так как находятся в отдаленных и труднодоступных районах и не имеют централизованного энергоснабжения. Актуальным и наиболее оптимальным решением проблемы энергоснабжения данных объектов является внедрение МГЭС, где будут установлены гидротурбины для выработки электроэнергии.

В настоящий момент более 20% населения РФ не имеет централизованного электроснабжения. Внедрение малых гидроэнергетических станций (МГЭС) позволит получать электроэнергию за счет использования потенциала малых рек и водотоков, улучшать условия жизни и работы людей, способствовать развитию местной промышленности, решать социальные проблемы, снизить экологический ущерб окружающей среде по сравнению с другими автономными источниками электроэнергии.

В условиях неокрепшей экономики создание МГЭС экономически целесообразно и перспективно со следующих позиций:

- сооружение МГЭС не требует больших капиталовложений, что облегчает поиск инвесторов, и является менее трудозатратным;
- МГЭС быстрее строятся и окупаются, несмотря на то, что стоимость кВт установленной мощности на них выше, чем на средних и больших ГЭС;
- благодаря разработке типовых проектов и унифицированных деталей для строительства МГЭС их стоимость может быть значительно снижена, что, наряду с небольшими сроками создания и окупаемостью затрат (быстрым возвратом инвестиций), делает эти станции привлекательными для вложения капитала;
- отсутствие возможностей финансирования строительства МГЭС из федерального бюджета, простота и надежность конструкций, гибкость эксплуатации, малые затраты на обслуживание — все это позволяет считать возведение МГЭС задачей регионов и местных энергосистем, вопросы финансирования решать через потребителей и инвестиции на местах;
- положительным фактором строительства МГЭС является возможность поочередного возведения гидроузлов с постоянным по мере необходимости наращиванием регулирующей емкости, определяемой водопотреблением на данном этапе экономического развития региона, и с соответствующим поэтапным распределением капитальных вложений;
- эксплуатация МГЭС экономит органическое топливо и не зависит от ситуации на рынке топлива, стоимость которого в России продолжает расти;
- строительство большого числа водохранилищ МГЭС, помимо выработки электроэнергии, поможет обеспечить водными ресурсами различные отрасли хозяйства в разных частях бассейнов рек;
- создание МГЭС имеет ряд преимуществ по сравнению с более крупными гидроэнергетическими объектами. Они решают разные задачи и не исключают, а дополняют друг друга. Так, малая энергетика может развиваться и параллельно крупным ГЭС, особенно там, где передача энергии в труднодоступные, например горные, районы затруднена, где возможны аварии ЛЭП из-за схода лавин и т.д. Дополнение крупномасштабной гидроэнергетики малой повышает надежность электроснабжения и позволяет более эффективно использовать гидроэнергетический потенциал рек;

- МГЭС могут работать и в составе объединенных энергосистем в качестве надежного маневренного источника энергии.

Внедрение МГЭС затрудняется так же из-за стоимости оборудования для МГЭС (так по данным справочника «Оборудование возобновляемой и малой энергетики» за 2005 г. стоимость оборудования вырабатывающего 1 кВт установленной электроэнергии ведущих фирм-производителей ЗАО «МНТО ИНСЭТ», г.Санкт-Петербург, РАМиНЭ «МАГИ» г.Москва и НПО «РАНД» г. Санкт-Петербург колеблется в пределах от 1000 до 1200 долларов).

Значительное уменьшение стоимости оборудования, в частности гидротурбины, может быть достигнуто благодаря использованию следующих конструкторских и технологических решений:

- использование рабочего колеса от центробежного насоса;
- спиральная камера из стандартных трубных элементов с жестко встроенными направляющими лопатками, благодаря чему достигается оптимальный КПД гидротурбины (рис.1);
- использование асинхронного двигателя, в качестве электрогенератора.



Рис.1. Рабочая модель радиально-осевой гидротурбины в натуральную величину

Снижение стоимости капитальных затрат на строительство МГЭС так же может быть достигнуто за счет использования ранее построенных гидротехнических сооружений для МГЭС, которые были построены и использовались в 50-е и 60-е годы прошлого столетия. Так по данным 1962 г. число МГЭС в нашей стране насчитывалось около 3000. Большинство из них вскоре перестали вырабатывать ток, их оборудование было разукрупнено, хотя многие здания и сооружения еще сохранились и могут быть восстановлены, некоторые из них уже функционируют.

Но в последние годы интерес к МГЭС вырос вновь в связи с дефицитом и увеличением стоимости органического топлива, необходимостью электрификации изолированных сельских и промышленных потребителей, большими затратами на транспортировку дизельного топлива в отдаленные районы с рассредоточенными потребителями энергии, недоступными для получения электроэнергии по линиям электропередач.

Однако при проектировании новых и реконструкции старых МГЭС должны учитываться не только экономические, но, в первую очередь и экологические проблемы электроснабжения различных регионов.

Среди экологических проблем важнейшими при создании МГЭС являются следующие:

- создание МГЭС взамен небольших электростанций, работающих на органическом топливе, приводит к существенному оздоровлению воздушного бассейна;

- экологический эффект МГЭС проявляется, прежде всего, в гораздо меньших площадях затоплений и подтоплений по сравнению со средними и тем более крупными гидроузлами, особенно если они располагаются на равнинных реках в верхних частях их бассейнов, на беспойменных участках, чтобы избежать затоплений. В этих случаях водохранилища МГЭС могут подпитываться из больших рек по каналам и трубопроводам.

- экологический эффект МГЭС особенно ярко проявляется в том случае, если водохранилища ГЭС будут расположены в пределах русла, и их нижний подпорный уровень (НПУ) не будут превышать отметок бровки русла;

- будучи мелководными и небольшими по объему, водохранилища МГЭС не препятствуют процессам водообмена в речных системах и, напротив, способствуют перемешиванию водных масс и их аэрации;

- подготовка ложа к затоплению малых искусственных водоемов не сложна по сравнению со средними и крупными водохранилищами. Серия МГЭС может создавать условия как для многолетнего регулирования стока, так и для снижения пиков половодий или паводков;

- плотины и водохранилища МГЭС в значительно меньшей степени, чем другие виды энергообъектов, нарушают нормальную естественную среду обитания человека и животного мира. И для рыбного хозяйства плотины малых ГЭС менее опасны, чем средних и крупных ГЭС, перекрывающих миграционные пути проходных и полупроходных рыб и затопляющих нерестилища.

Строительство МГЭС рационально там, где социально-экономические условия и перспективы развития производительных сил региона не требуют создания большой энергетики, и малые электростанции могут обеспечить местное энергоснабжение отдельных предприятий, городов и поселков. Малая гидроэнергетика может развиваться и параллельно крупным ГЭС там, где передача энергии на расстояние затруднена. Дополнение крупномасштабной гидроэнергетики малой повышает надежность энергоснабжения и позволяет более эффективно использовать гидроэнергетический потенциал рек.

Очень важным аспектом строительства гидроэлектростанций на малых реках является разработка ряда мер по популяризации, разъяснению задач и выгод от энергопроектов, по созданию условий для экономической заинтересованности регионов в МГЭС с учетом взаимоотношений с природной средой различных социальных и этнических групп населения. Для повышения доверия к энергообъектам гидротехники должны широко информировать общественность о решениях в области гидроэнергетики и привлекать ее к обсуждению наиболее важных и принципиальных вопросов.

ВОЗРОЖДЕНИЕ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВОДЯНЫХ КОЛЕС ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В СИБИРСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Аксенов А.М. – студент, Соколов А.В. – студент, Иванов В.М. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Малая гидроэнергетика будет играть ключевую роль в развитии возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Европе; еще большая роль может быть у малой гидроэнергетики в России, обладающей значительным гидроэнергетическим потенциалом. В условиях возрастающего потребления электроэнергии, принятия международных соглашений по сокращению выбросов парниковых газов (таких как Киотский протокол), роста ущерба окружающей среде от потребления ископаемого топлива, а также учитывая тот факт, что во многих европейских странах почти не осталось мест для строительства больших гидроэлектростанций (ГЭС), особый интерес проявляется к малой гидроэнергетике.

В этом столетии ожидается значительное увеличение потребления энергии. В то же время, нарастает озабоченность в вопросах защиты окружающей среды. В этом контексте малая гидроэнергетика имеет огромный потенциал, за счет которого может быть обеспечена потребность в энергии при минимальном влиянии на окружающую среду. Европа занимает лидирующие позиции в области малой гидроэнергетики и обладает лучшими современными технологиями в этой области энергетики. Европа является мировым лидером по установленной мощности малых ГЭС (МГЭС) и по вырабатываемой от МГЭС электроэнергии.

За пределами Европы существует возможность экспорта технологий, которая создает хорошие перспективы для европейских производителей.

Заглядывая в будущее, можно определить причины для поддержки малой гидроэнергетики:

- истощение ресурсов нефти и газа приведет к увеличению стоимости производства электроэнергии на тепловых электростанциях;

- при замещении тепловых электростанций малая гидроэнергетика является лидирующей технологией, обеспечивающей снижение выбросов парниковых газов; при вводе торговли квотами, тепловые электростанции будут производить все более дорогую энергию;

- высоковольтная передача энергии постоянного тока на большие расстояния становится дешевле и электросети становятся более общими и гармонизированными;

- рост населения мира, особенно в развивающихся странах, потребует соответствующей инфраструктуры для ирригации и водоснабжения; добавление малой гидроэнергетики в такие проекты экономически выгодно и не приводит к существенному влиянию на окружающую среду и социальную обстановку;

В настоящий момент около 20 000 неиспользуемых или разрушенных водяных мельниц в Великобритании и Германии восстанавливаются, как микро гидростанции, с планируемой выработкой электроэнергии до 1000 МВт. И хотя они не так эффективны как современные турбины низкого давления, и верхненаливные, и подливные водяные колеса гораздо дешевле построить, установить и обслуживать, причем они могут работать с разным режимом потока и с гидростатическим напором всего в 0,5 м. Сейчас около 3% всей электроэнергии Великобритании вырабатывается за счет эксплуатации МГЭС, к 2003 году планируется повысить эту цифру до 5%, а к 2008 году – до 10%.

Водяные колеса, эффективно используемые сейчас в Великобритании и Германии, можно условно разделить на два типа:

- верхненаливные колеса, когда вода подается на колесо сверху;

- подливные колеса, когда вода подается ниже оси вращения колеса.

С учетом эксплуатационного опыта можно сделать вывод о том, что верхненаливные водяные колеса можно рекомендовать для участков с расходом воды до 0,8 м³/с и с напором 2-7 м. Подливные водяные колеса могут эффективно использоваться для напора воды от 1 до

2 м с выходной мощностью до 45 кВт. Как результат сейчас по всей Европе растет число установленных преобразователей энергии для участков с небольшим гидроэнергетическим потенциалом.

Учитывая опыт строительства и эксплуатации МГЭС на базе водяного колеса авторы данных тезисов разработали проект по реконструкции и установке верхненаливного водяного колеса на Колыванском камнерезном заводе (рис. 1, 2), которое служило в качестве привода для механических станков в 17-18 в. В настоящий момент водяное колесо эффективно вырабатывает электроэнергию, которая идет на освещение ряда зданий. Технические характеристики разработанного колеса следующие:

- среднегодовой расход около 500 л/с;
- напор 6 м;
- вырабатываемая электрическая мощность 12 кВт при гидравлической мощности 50 кВт с общим КПД 60%.

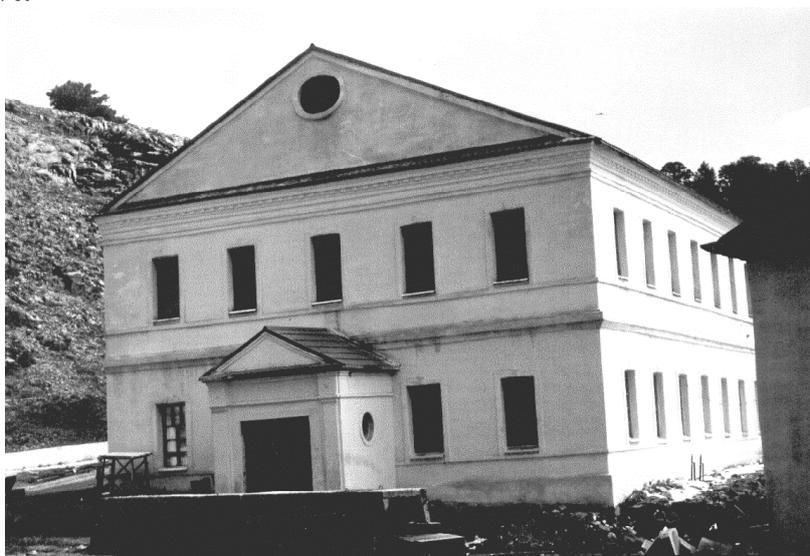


Рис. 1. Историческое здание Колыванского камнерезного завода



Рис. 2. Водоналивное колесо

Актуальным и наиболее оптимальным решением проблемы энергоснабжения малых населенных пунктов, туристических комплексов, фермерских хозяйств и других объектов является внедрение МГЭС на базе водяных колес. Привлекательность использования водяных колес как гидрогенератора, заключается еще и в возможности его использования на месте ранее существовавших водяных мельниц или гидротехнических сооружений для МГЭС. Тогда основные затраты на гидроэнергетический генератор будут составлять только стоимость водяного колеса, а так же его механических и электрических компонентов. Укомплектованная верхненаливным или нижнебойным колесом установка, включая общую, механическую и электротехническую разработку с электрической мощностью 25 кВт стоит приблизительно 30-50% стоимости той же самой электростанции со стандартной турбиной. Затрата на работу по общему проектированию можно оценить как 30-40% механической и электрической разработки, таким образом, более высокий процент затрат относится к гидравлическому винту и нижнебойному водяному колесу. Эти цифры, тем не менее, применимы только к ситуациям, где уже существуют плотины и достаточные перепады. Если же нужно строить плотины или увеличить напор, например, относительно нижнего уровня воды по течению, то затраты на работы по общей разработке могут достигать 80%. Сэкономленные средства от установленных водяных колес и гидравлических винтов трудно оценить, поскольку нужно находить конкретные решения для каждого отдельного места. Нижнебойные колеса, с их большими размерами, уловителями мусора, нуждающимися в автоматизации их очистки, бетонной «пастелью», приблизительно в два раза дороже верхненаливных колес.

Т.о., внедрение МГЭС позволит получать электроэнергию за счет использования потенциала малых рек и водотоков, улучшать условия жизни и работы людей, способствовать развитию местной промышленности, решать социальные проблемы, снизить экологический ущерб окружающей среде по сравнению с другими автономными источниками электроэнергии.

ИСТОРИЗМ КАК ВАЖНЫЙ СТИМУЛ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА СТУДЕНТОВ

Антипова Е.Н. – аспирант, Степанова П.В.- аспирант, Лысенко А.С. – доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Важным стимулом познавательного интереса, связанным с содержанием обучения, является исторический аспект знаний (историзм), сообщение сведений из истории науки, истории научных открытий. При этом, с одной стороны, познавательный интерес опирается на менее известный, иногда совсем новый материал, овладевая которым студенты в еще большей мере осознают то, что им дает университет, преподаватель. С другой стороны, исторический подход в изучении учебных предметов в какой-то мере приближает процесс учения к научному познанию. Узнать, каким было соответствующее знание у своих истоков, как оно развивалось, соприкоснуться с научными поисками, ощутить и испытать их трудности и радости – это значит приблизиться и к осознанию собственного познавательного процесса, пусть не открывающего, а усваивающего научные положения, но сопряженного все же с поисками истины.

Именно этот стимул бывает сопряжен с новыми неизвестными фактами из истории науки, из биографии ученых. Сведения об истоках научных открытий всегда воспринимаются студентами с большим интересом, потому что они помогают увидеть изучаемое по-новому, способствуют обновлению того, что стало обычным и привычным. С другой стороны, исторические сведения всегда менее известны студентам и воспринимаются ими как неожиданно новое и привлекательное. Наконец, ознакомление с историей науки и ее открытий способствует осознанию огромных трудностей научных поисков, поднимает престиж науки в глазах студентов, формирует уважение к установленным научным фактам и понятиям, учит оперированию ими для доказательства своих суждений и выводов.

В вводной лекции по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение» для студентов направления «Строительство» после рассмотрения основных схем и систем водоснабжения сообщаются следующие исторические сведения, позволяющие студентам гордиться вкладом изобретателей с Алтая в развитие водоснабжения и водоотведения.

Первые сведения об искусственных сооружениях для добывания воды относятся к колодцам строившимся почти за 3000 лет до н.э. в Египте, Китае, Вавилонии. Для распределения воды из резервуаров применяли деревянные, а также металлические (свинцовые и медные) трубы. В период расцвета древней Греции и Рима уже существовали централизованные системы водоснабжения. Рим имел несколько водопроводов. Вода подавалась к городу самотеком по каналам. При пересечении долин или оврагов каналы прокладывались по специальным мостам – акведукам. Акведуки частично сохранились до наших дней. В городе вода подводилась к центральным резервуарам, из которых подавалась к баням и купальням, к дворцам, а также к общественным фонтанам и бассейнам.

На территории России самый древний водопровод из деревянных труб обнаружен при раскопках в Новгороде. Время его постройки отнесено к началу XII века.

В Москве первый самотечный водопровод для Кремля был сооружен в 1492 году и использовал чистые подземные ключи из подземелья Арсенальной башни. Напорный водопровод был построен в 1633 году. Вода из реки Москвы с помощью водоподъемной машины, приводимой в действие лошадьми, поднималась вверх Свибловой башни в специальный резервуар из свинца. Дата рождения системы централизованного водоснабжения Москвы – 1804 год. Вода из ключей у села Мытыщи в бассейне верховьев реки Яузы по самотечной галерее направлялась в центральную часть города к водоразборным фонтанам. С 1903 года водоснабжение Москвы в основном осуществляется из реки Москвы.

После присоединения Сибири к России в ней началось массовое строительство специальных сооружений для водоснабжения, связанное со строительством крепостей и укрепленных пунктов для защиты пограничных линий. Водоснабжение городов-крепостей было связано со строительством достаточно сложных по тому времени гидротехнических

сооружений: плотин, водоподводящих галерей, деревянных срубных колодцев, бассейнов и резервуаров для хранения запаса воды. При этом использовался опыт строительства водопроводных сооружений Европейской России.

В первой четверти XVIII века на Алтае возникают заводы и рудники А.Н.Демидова (Колыванский, Локтевский, Змеиногорский, Барнаульский, Павловский). С развитием промышленного производства происходило функциональное разделение систем водоснабжения на промышленные и хозяйственно-питьевые. Технический прогресс в промышленном водоснабжении в XVIII-XIX веках оказался намного выше, чем в хозяйственно-питьевом, так как благоустройство населения было на очень низком уровне.

Большой вклад в развитие водоснабжения на Алтае внес И.И.Ползунов (1728-1766 гг.) имя которого носит наш университет. И.И.Ползунов известен как один из изобретателей теплового двигателя. В 1765 году он построил паросиловую установку, но за неделю до ее пробного пуска И.И.Ползунов скончался. Установка проработала 43 дня. Это широко известные факты. Менее известно то, что начинал И.И.Ползунов как гидротехник. В 1754 году (в 26 лет) он впервые в России применил на Змеиногорском руднике деривационный (отводящий) канал для подачи воды на завод. Это позволило упростить конструкцию плотин и повысить их устойчивость.

С развитием горного дела на Алтае, с углублением шахт, остро встала и проблема водоотведения. Для откачки подземных вод использовались поршневые насосы, корпуса которых делали из высверленных бревен. Один такой насос хранится в Алтайском краеведческом музее. Насос приводился в действие с помощью рычага силой рабочих, труд которых был исключительно тяжелым и малопродуктивным. Поскольку почти все узлы насосов были деревянными, известную трудность представляло обеспечение их герметичности. Поэтому детали насосов делали из сосны, как наиболее плотной породы. Древесина других пород не предотвращала просачивание воды и воздуха. Стыковые соединения конопатили пеньковой прядью. Клапаны сплетали из пеньки и обшивали кожей. Срок службы насосов составлял 5-10 лет.

Вершиной технического прогресса водохозяйственного строительства в Сибири в XVIII в. считается система водоснабжения и водоотведения Змеиногорского рудника. Проект этой системы был разработан К.Д.Фроловым в 1783-1785 гг., строительство первой ее очереди велось в течение трех лет (1785-1787 гг.), а всего комплекса сооружений – в течение десяти лет. Система охватывала несколько объектов: три шахты, рудообогатительную фабрику, кузницу, пильную мельницу и др.

В комплекс водохозяйственных сооружений входили: водоподъемная плотина на р.Змеевке, водозабор, водоподводящая штольня протяженностью 535м, семь вододействующих колес, две водоподъемные установки, включающие 18 насосов, система ларей и каналов, водоотводящая штольня протяженностью 1,2 км. Суммарный расход в системе составлял 17,3 тыс.м³ / сутки, общий путь ее пробега – около 2,5 км, перепад уровня между водозабором и водосбросом – 58,5 м.

Система водоснабжения и водоотведения представляла собой единый нисходящий каскад с возрастающим расходом воды (от шахтного водоотлива) по пути ее движения.

Диаметр вододействующих колес рудоподъемников был 4,3 и 5,4м, а водоотливных машин – 16,5 и 21,4 м. Колеса устанавливали в специальных подземных камерах.

На Екатерининской шахте дренажная вода поднималась насосами на 89м, на Вознесенской на 116 м., причем поднятая на Екатерининской шахте вода по специальной штольне поступала под насосы Вознесенской шахты и дополнительно подкачивалась с подъемом на 57 м до уровня входа в Крестительскую штольню.

По техническому совершенству и масштабам система водоснабжения и водоотведения Змеиногорского рудника в XVIII веке не имела равных в России. Ее сравнивали лишь с системой Марли во Франции, предназначенной для подачи воды в Версальские дворцы и парки.

Макет системы водоснабжения и водоотведения Змеиногорского рудника экспонируется в Алтайском краеведческом музее – одном из старейших музеев Сибири, основанном в 1827 году Томским губернатором Петром Козьмичем Фроловым, сыном Козьмы Дмитриевича Фролова.

Технический прогресс в водоснабжении на Алтае в XVIII веке не был случайным. Алтайский горный округ был в то время одним из главных поставщиков золота в царскую казну, вследствие чего на алтайские рудники и заводы направлялись лучшие специалисты, в их числе «водных дел мастера» с Урала и из Центральной России.

В 2002 году исполнилось 200 лет Колыванскому камнерезному заводу. К юбилею завода администрацией Алтайского края было принято решение о восстановлении исторического памятника инженерного искусства XVIII века – здание завода, водоналивного колеса и гидротехнических сооружений. Работы по реконструкции возглавило ГУП «Алтайавтодор». Проект восстановления здания завода был разработан НПО «Наследие». По проекту разработанному творческим коллективом сотрудников АлтГТУ им. И.И.Ползунова под руководством д.т.н., профессора зав. кафедрой теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения Иванова В.М. были восстановлены водоналивное колесо диаметром 5,5 м и гидротехнические сооружения. Механическая энергия водоналивного колеса была использована для выработки электроэнергии, которая частично покрыла энергопотребление завода.

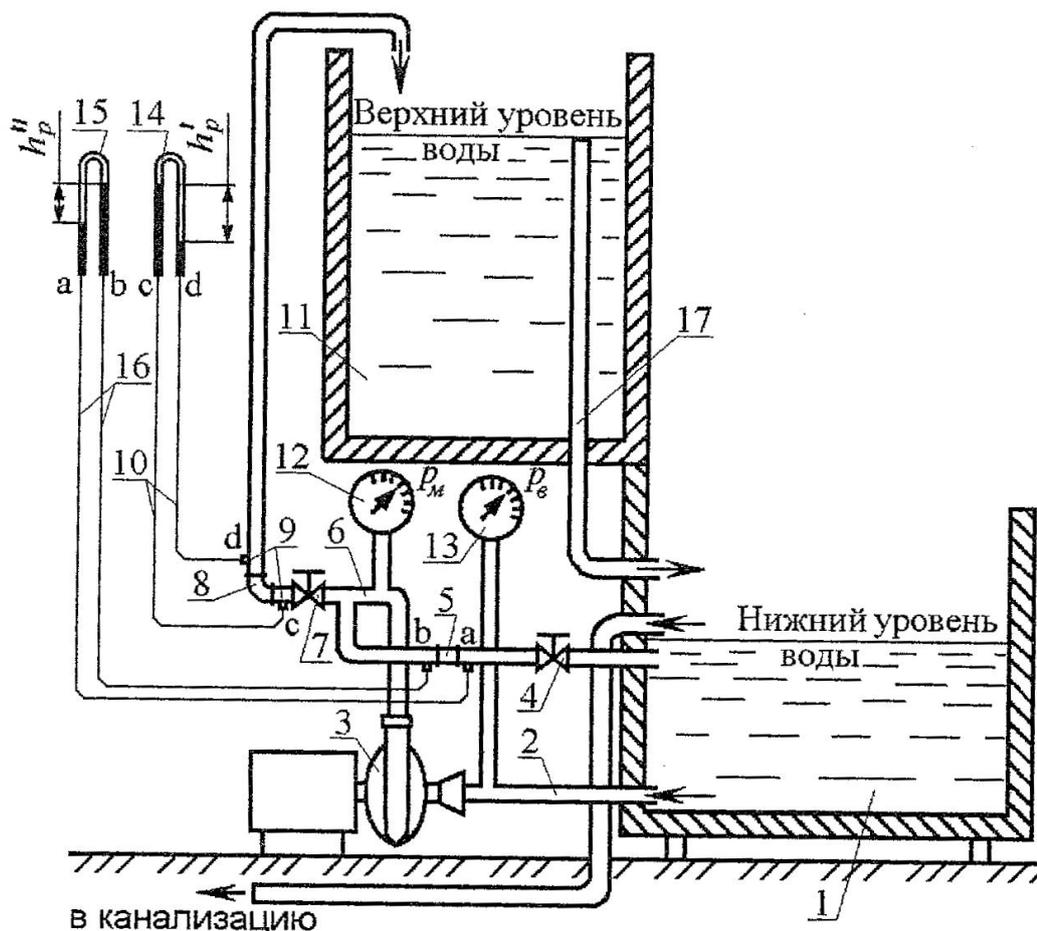


Рисунок 2 – Схема модернизированной лабораторной установки с двумя ветвями нагнетательного трубопровода:

1 – нижний бак; 2 – всасывающий патрубок; 3 – насос; 4 – регулирующий вентиль на первой ветви нагнетательного трубопровода; 5 – расходомерные устройства; 6 – вторая ветвь нагнетательного трубопровода; 7 – регулирующий вентиль на второй ветви нагнетательного трубопровода; 8 – местное сопротивление; 9 – датчики статического давления; 10 – трассы к прибору (U-образному манометру); 11 – верхний бак; 12 – манометр; 13 – мановакууметр; 14, 15 – U-образный манометр; 16 – трассы к прибору; 17 – переливная труба

Дополнительная обводная линия обладает малым сопротивлением и позволяет снять характеристики насоса при расходах близких к предельным для него. При построении характеристики получают характерное очертание.

На входе в насос установлен вентиль (на рисунке 2 не показан). Его наличие позволяет снять кавитационную характеристику насоса. Начало кавитации определяется по характерному шуму.

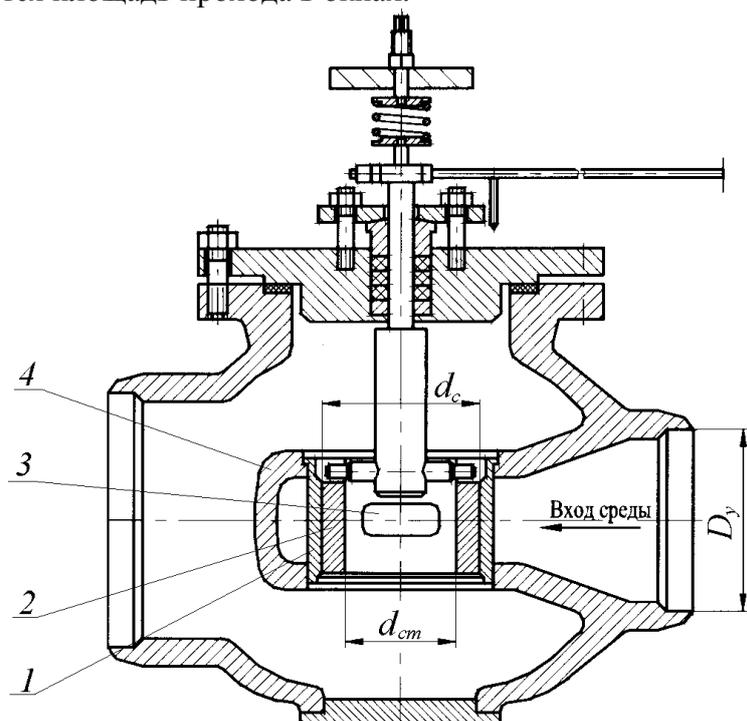
Литература

1. Юренков В.Н., Клейн Г.О. Построение характеристики центробежного насоса. Методические указания к Лабораторной работе №8 по курсу «Механика жидкости и газа» /АлтГТУ им. И.И.Ползунова, Барнаул Изд-во АлтГТУ. 2008-24с.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНОВ ПОВОРОТНОГО ТИПА

Татаренко Е.А. – студент, Татьянkin А.С. – студент, Упоров А.П. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Клапаны предназначены для регулирования расхода и давления рабочей среды в парогенераторах. В клапанах поворотного типа (рис.1) регулирующими элементами являются седло (поз.1) и стакан (поз.2) в которых имеются по два диаметрально расположенных окна (поз.3). Седло сваркой крепится к перегородке (поз.4), разделяющей вход и выход рабочей среды. Расход регулируется поворотом стакана относительно седла, в результате изменяется площадь прохода в окнах.



1 – седло; 2 – стакан; 3 – окно; 4 - перегородка

Рис.1

Объемный расход рабочей среды определяется по формуле [1]

$$Q = \frac{508S_y}{\sqrt{\xi_y}} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

а массовый $Q = \frac{508S_y}{\sqrt{\xi_y}} \sqrt{\Delta P \cdot \rho}, \text{ кг/ч}, \quad \text{где}$

S_y - площадь входа условная, см^2 ;
 ΔP - перепад давлений на клапане, МПа;
 ρ - плотность среды, кг/м^3 ;

ξ_y - коэффициент гидравлического сопротивления, отнесенный к площади входа условной.

Для удобства сравнения и выбора клапанов по производительности вводится коэффициент пропускной способности K_{VY} [1] численно равный объемному расходу воды ($\text{м}^3/\text{ч}$) с плотностью $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ при перепаде давления на клапане $\Delta P = 0,1 \text{ МПа}$

$$K_{VY} = Q_{\Delta P=0.1} = \frac{508S_y}{\sqrt{\xi_y}} \sqrt{\frac{0,1}{1000}} = \frac{5,08S_y}{\sqrt{\xi_y}}$$

Практически для его расчета необходимо определить только коэффициент гидравлического сопротивления ξ_v , что осуществляется экспериментально на водяных, но чаще на воздушных стендах.

На Барнаульском котельном заводе (БКЗ) на воздушном стенде определяются коэффициенты гидравлических сопротивлений ξ_v опытных и серийных регулирующих клапанов поворотного типа, по которым рассчитываются коэффициенты пропускной способности.

Величина ξ_v в первую очередь зависит от соотношения площадей окон в стаканах S и входа в клапан (условного) S_y . Это соотношение называется степенью сужения клапана.

$$m = \frac{S}{S_y}$$

На величину коэффициентов сопротивления влияет также площади сечения между перегородкой и седлом, между перегородкой и корпусом, площадь сечения стакана. Все эти площади должны значительно превышать площадь окон. Особенно сложным является течение среды в стаканах, где встречаются потоки из противоположных окон. Оно зависит от соотношения площадей окон S и внутреннего сечения стакана $S_{ст}$

$$m_{ст} = \frac{S}{S_{ст}}$$

Это соотношение в клапанах БКЗ изменяется от 0,2 до 2 и более, т.е. от относительно свободного до стесненного течения среды.

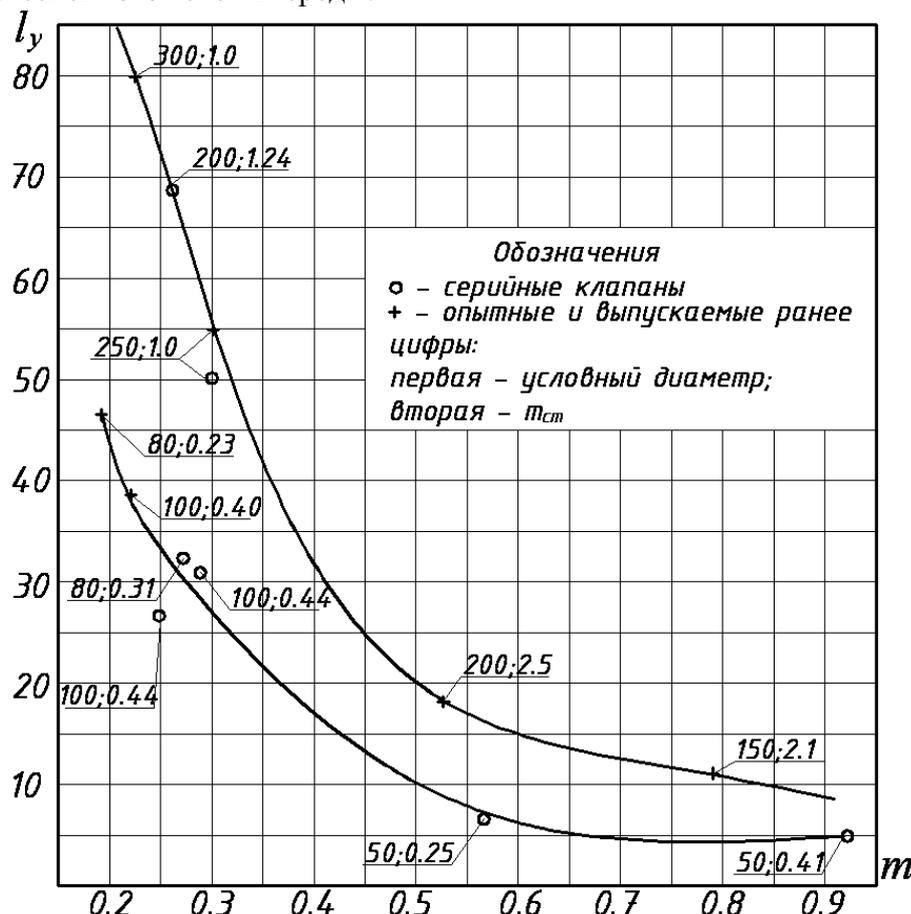


Рис.2 Зависимость коэффициентов сопротивления клапанов от степени сужения $m = S / S_y$

На рис.2 точками (o) обозначены экспериментальные значения ξ_v регулирующих клапанов выпускаемых в настоящее время.[2], а (+) – опытных и выпускаемых ранее. Наблюдается расслоение экспериментальных значений ξ_v в зависимости от $m_{ст}$. Для клапанов

с $m_{ст} < 0,8$ коэффициенты сопротивления описываются кривой 1, а с $m_{ст} \geq 1$ – кривой 2. Причем, для клапанов с $m_{ст} < 0,8$ коэффициенты сопротивления примерно в два раза меньше, чем для клапанов с $m_{ст} \geq 1$. По этой причине коэффициенты пропускной клапанов со свободным сечением стаканов ($m_{ст} < 0,8$) примерно на 40% выше, чем для клапанов со стесненным сечением стаканов ($m_{ст} \geq 1$).

Литература

1. Черноштан В.И., Кузнецов В.А. «Трубопроводная арматура ТЭС», - Справочное пособие, Москва, Издательство МЭИ, 2001.
2. Арматура энергетическая. Редукционно-охладительные установки (РОУ). Отопительные котлы. Номенклатурный каталог 2008. БКЗ, Барнаул.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ КОНВЕКТИВНЫХ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК РЕГЕНЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ

Гончарова М.А. – студент, Николаев А.М. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Важнейшим направлением энергосберегающих технологий является создание комплексных установок, которые обеспечивают рациональное использование потенциала отходящих потоков, образующихся на различных стадиях процесса, для осуществления последующих его стадий.

Анализ тепловых балансов конвективных сушильных установок показывает, что наибольшие потери теплоты обуславливаются отходящим сушильным агентом и потерями теплоты в окружающую среду за счет наружного охлаждения конструкции. Поэтому становятся очевидными принципиальные способы повышения экономичности конвективных сушильных установок (СУ): снижение потерь теплоты с уходящим сушильным агентом путем рационального использования этого вида вторичных энергетических ресурсов и в окружающую среду конструкциями установок.

Авторы этой работы поставили задачу снижения потерь теплоты с уходящим сушильным агентом находящейся в эксплуатации конвективной СУ с вертикальными соплами для сушки нетканых материалов [1]. Это, в первую очередь, достигается применением рециркуляции части отработавшего сушильного агента по наиболее распространенной схеме, когда эта часть подается на вход подогревателя (в нашем случае электрокалорифера) вместе со свежим сушильным агентом – воздухом. Таким образом, весь сушильный агент нагревается до начальной температуры на входе в сушилку. Однако рециркуляция приводит к увеличению влагосодержания сушильного агента на входе в СУ, что с одной стороны способствует повышению тепловой экономичности, а с другой – уменьшает движущие силы процесса массообмена и, следовательно, может вызвать увеличение продолжительности сушки или габаритов самой установки [2]. Поэтому необходим качественный анализ влияния рециркуляции на процессы тепло- и влагопереноса, а проектирование конвективных СУ должно базироваться на совместном проведении теплового, аэродинамического и технико-экономического расчетов.

На рис.1-4 приведены результаты исследований влияния доли рециркулирующего сушильного агента δ_p и соответствующего ей коэффициента рециркуляции K_p на основные качественные показатели конвективной СУ с вертикальными соплами для сушки полотна синтепона толщиной 50 мм и шириной 1,6 м, движущегося в установке со скоростью 3 м/мин.

С целью обеспечения требуемых физических свойств готового продукта сушка синтепона производилась при постоянных температурах сушильного агента на входе в сушилку $t_1 = 145^\circ\text{C}$ и на выходе из нее $t_2 = 55^\circ\text{C}$ [1].

Анализ влияния рециркуляции сушильного агента при постоянных t_1 и t_2 на основные параметры конвективной СУ показывает, что с увеличением коэффициента рециркуляции увеличиваются значения массового влагосодержания на входе в электрокалорифер d_0 и на выходе d_2 из сушилки (рис.1). При значении $K_p = 1,5$ величина относительной влажности сушильного агента на выходе из СУ составила 80%. Поэтому дальнейшее увеличение K_p больше 1,5 для выбранного режима сушки не имеет смысла, так как может появиться гомогенная конденсация влаги при смешении уходящего сушильного агента со свежим воздухом. Образование тумана на входе в электрокалорифер может вызвать эрозионный износ поверхности нагрева, коррозии подводящих воздухопроводов, что, в свою очередь, снижает надежность установки. Применение даже такой, относительно небольшой рециркуляции $K_p = 1,5$ позволило уменьшить удельный расход l_0 свежего воздуха (на 1 кг удаленной из сушимого материала влаги) более чем в 2 раза (рис.2). При этом суммарный удельный расход сушильного агента увеличивается незначительно.

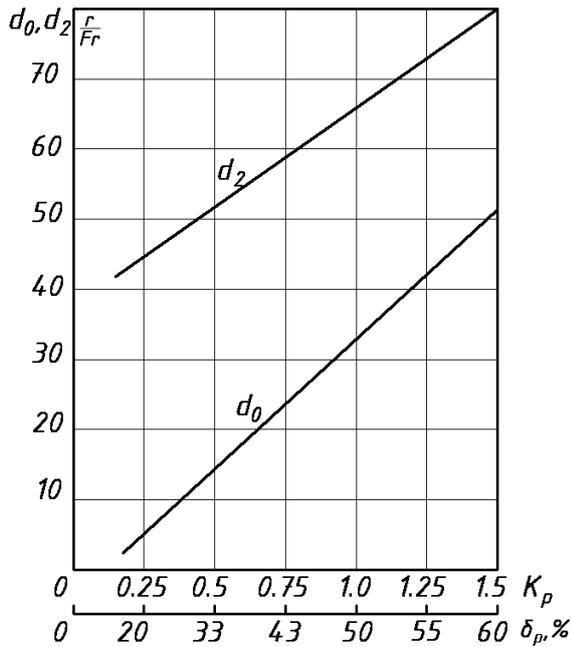


Рис.1. Влияние доли рециркулирующего сушильного агента δ_p и коэффициента рециркуляции K_p на влагосодержание сушильного агента: d_0 – на входе в установку, d_2 – на выходе из установки

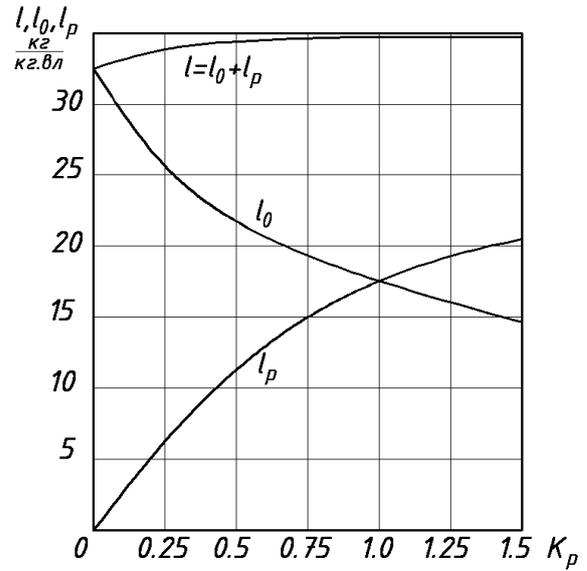


Рис.2. Влияние коэффициента рециркуляции K_p на удельный расход свежего воздуха l_0 , рециркулирующего l_p , суммарного l через установку

Затраты теплоты на сушку оценивались по тепловой мощности электрокалорифера N_Q , которая уменьшилась по сравнению с таковой при сушке свежим воздухом примерно на 10 - 11% (рис.3). Для оценки энергетического совершенства конвективных СУ в [2] предложено отношение энергетического КПД к максимально возможному: $\frac{\eta_t}{\eta_{t,max}} = \frac{(t_1 - t_2)}{(t_1 - t_0)}$, где t_1 , t_2 , t_0 - температуры сушильного агента на входе в сушилку, на выходе из нее и окружающей среды соответственно. На рис.4 представлена зависимость $\frac{\eta_t}{\eta_{t,max}}$ от K_p ,

которая показывает, что величина $\frac{\eta_t}{\eta_{t,max}}$ для конвективной СУ с вертикальными соплами и невысоким значением $K_p = 1,5$ увеличилась примерно на 11% по сравнению с сушкой без рециркуляции ($K_p = 0$).

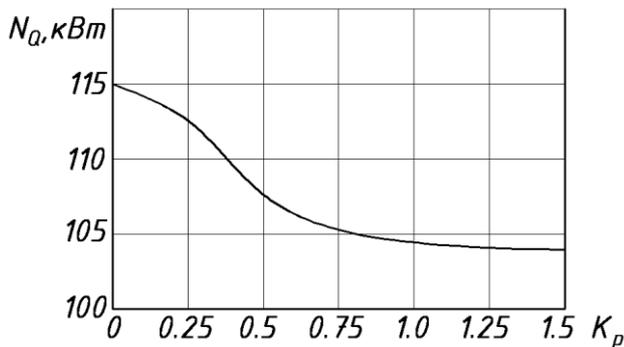


Рис.3. Влияние коэффициента рециркуляции на тепловую мощность электрокалорифера

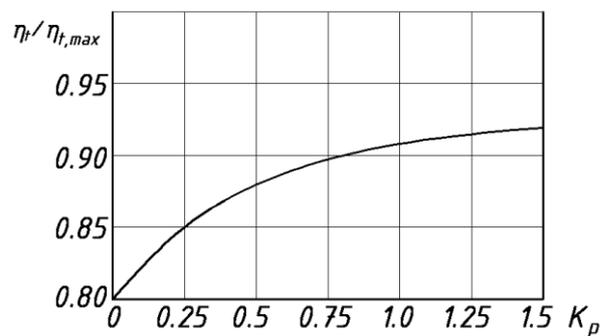


Рис.4. Влияние коэффициента рециркуляции на показатель энергетического совершенства СУ

Представленная на рис.3 зависимость $N_Q = f(K_p)$ показывает, что с увеличением K_p величина N_Q убывает и при $K_p > 1,25$ асимптотически приближается к некоторому

предельному значению. Это говорит о том, что существует предельный коэффициент рециркуляции $K_{p,пр}$, обеспечивающий при заданных t_1 и t_2 минимальные затраты теплоты в конвективной СУ.

В [2] предлагается оценивать $K_{p,пр}$ по формуле $K_{p,пр} = (h_2 - \Delta) / C_p (t_1 - t_2)$, где h_2 энтальпия сушильного агента на выходе из СУ, $\Delta = \sum q_{доп} - \sum q_{пот}$ - тепловой потенциал сушки [1], C_p - теплоемкость пара в сушильном агенте. Применение формулы $K_{p,пр}$ для наших условий сушки, подробно данных в [1], привело к значению $K_{p,пр} \approx 4,4$. При этом сушильный агент полностью насыщен паром при $t_2 = \text{const}$ (55°C), что обязательно приведет к конденсации влаги и проблемам, показанным ранее в тексте. Поэтому перед подачей части отработавшего сушильного агента в электрокалорифер (равно как и в любой подогреватель) необходима его предварительная осушка. Для этого можно подать сушильный агент через специальный теплообменник с низкотемпературным теплоносителем [3], либо использовать поверхность теплообмена испарителя парокомпрессионного теплового насоса. Об успешности этого способа при сушке строительного леса сообщается в [4]. Так, по мнению автора [4], теоретически можно осуществить полную рециркуляцию и приблизить теоретический КПД сушки к 100%.

В заключение следует отметить, что рециркуляция, как метод использования вторичных энергоресурсов для повышения экономичности установок, способствует повышению и экологической ценности технологической схемы конвективной СУ.

Литература

1. Николаев А.М., Иванов В.М. Опыт энергосбережения при переводе сушилок для нетканых материалов с радиационного типа на конвективный с вертикальными соплами.. Журнал «Ползуновский вестник». – Барнаул, 2004 - №1, с.208-210
2. Данилов О.Л., Леончик Б.И. Экономия энергии при тепловой сушке. М.: Энергоатомиздат, 1986. – 134 с.
3. Николаев А.М., Гольшкин Н.В. Теплообменник. Патент № 2075716 (РФ) на изобретение от 20.03.97. – 4 с.
4. Рейд Д. Экономия энергии в промышленности. Пер.с англ./Ред. В.Е.Аракелова. М.: Энергоатомиздат. 1983.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБРАБОТКЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Гореликова П.Ю. – студент, Саночкина А.В. – студент, Дудин П.В. – студент,

Степанова П.В. – ст. преподаватель, Бахтина И.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Анализ сложившейся ситуации в системах водоотведения показывает, что в данной области имеется ряд экономических и экологических проблем, связанных, в основном, с осадками сточных вод.

В результате очистки сточных вод населённых пунктов образуется большое количество осадков (в среднем при норме водоотведения 300 л/(чел·сут) образуется 1 л осадка на человека в сутки). Ввиду отсутствия комплексного подхода к проблеме обработки осадков сточных вод они складываются на иловых площадках, загрязняя поймы рек, и способствуют не только отчуждению территорий сельскохозяйственного назначения, но и повышению рисков возникновения эпидемиологических и экологических катастроф.

В тоже время осадки сточных вод содержат биогенные элементы (азот, фосфор), микроэлементы и после комплексной обработки могут быть утилизированы в сельском, садовом, лесопарковом и городском хозяйствах в качестве удобрения и заменителя почвенного грунта. Это, однако, невозможно ввиду наличия в осадках сточных вод яиц гельминтов и других патогенных микроорганизмов. Кроме того, осадки имеют высокую влажность (96–99 %), являются текучими и нестабильными (легко загниваемыми). Таким образом, складывая осадки сточных вод на иловых площадках, мы наносим не только неоправданный ущерб окружающей среде, нарушаем ландшафт и баланс природных компонентов, но, вместе с тем, теряем достаточно ценное эффективное органоминеральное удобрение.

Как уже было отмечено выше, при обработке осадков сточных вод необходимо решать три основные задачи:

- обезвоживание (уменьшение влажности – снижение объемов осадков в среднем в 8-15 раз);
- сбраживание (стабилизация);
- обеззараживание (дегельминтизация и удаление патогенных микроорганизмов).

Технологические схемы очистки сточных вод, в которых предусматривается обработка осадков, имеются лишь в нескольких крупных городах России. Однако в данных схемах основные задачи обработки осадков сточных вод решаются поэтапно, что занимает много времени, средств (ввиду больших масштабов сооружений) и, оказывается в итоге недостаточно эффективно, и не позволяет утилизировать осадки сточных вод в качестве вторичного материального ресурса (ВМР): удобрения или заменителя почвенного грунта.

Более печальная ситуация складывается при организации систем водоотведения малых и средних населённых пунктов, отдельных коттеджей, коттеджных поселков, туристических комплексов и фермерских хозяйств, которые не имеют централизованных очистных сооружений и находятся в удалении от центральных коммуникаций, позволяющих сбрасывать сточные воды для очистки на крупные очистные сооружения. При организации систем водоотведения в средних и малых населенных пунктах и отдельных потребителей, применить классические схемы очистки сточных вод и обработки их осадков невозможно, ввиду их масштабности и дороговизны. Поэтому перечисленные потребители, и подобные им, при организации систем водоотведения, в лучшем случае имеют локальные сооружения очистки сточных вод, в которых проблема обработки осадка не решена. Однако, чаще всего, сточные воды собирают в выгребные ямы или сбрасывают их на рельеф или в малые водоёмы. Это, как было показано выше, не только приводит к загрязнению окружающей среды, но и потере потенциально ценного органоминерального удобрения для фермерских или сельских хозяйств, которое можно было бы получать из осадков сточных вод.

Мы предлагаем инновационный комплексный подход к обозначенной проблеме: совмещение очистки сточных вод и решение трёх основных задач обработки их осадков в одной установке с получением эффективного органоминерального удобрения. При этом очищенная сточная вода соответствует требованиям СанПиН, а обработанные осадки сохраняют свои полезные агрохимические свойства, поэтому очищенные сточные воды можно использовать для орошения, а обработанные осадки применять в качестве эффективного органоминерального удобрения.

В предлагаемой нами установке сочетаются новизна технологического подхода к проблеме обработки осадков сточных вод и оригинальная конструкционная особенность.

Новизна технологического подхода заключается в совмещении процессов сбраживания (стабилизации) осадков и обезвоживания путём динамического фильтрования. Динамическое фильтрование осуществляется за счёт использования оригинальной конструкции фильтрующего элемента.

В настоящее время для сбраживания осадков сточных вод применяют метантенки или стабилизаторы. Для обезвоживания используют различные сооружения (фильтр-пресс, вакуум-фильтр, центрифуги и т.д.). Аппаратов и установок, позволяющих совместить данные процессы нет, а закономерности сбраживания осадков сточных вод в условиях динамического фильтрования не изучены.

На кафедре ТГиВВ создана экспериментальная модель предлагаемой установки, которая приведена на рисунке 1.

В настоящее время проводятся испытания данной установки с целью изучения закономерностей сбраживания осадков сточных вод в условиях динамического фильтрования (обезвоживание осадков с отведением жидкости через фильтровальную ткань), что позволит в дальнейшем разработать технологию комплексной обработки осадков сточных вод.

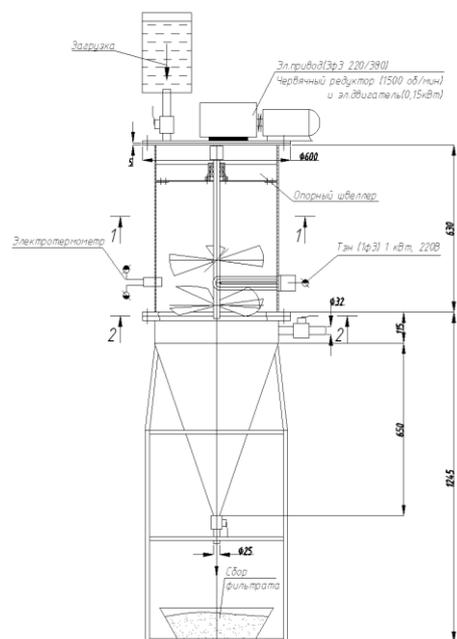


Рисунок 1 – Модель экспериментальной комплексной установки обработки осадков сточных вод.

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД п. ЮЖНЫЙ г. БАРНАУЛА

Дурасова Н.В. – студент, Татьянакин С.А. – студент, Бахтина И.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Водоснабжение п. Южный г. Барнаула осуществляется из двух подземных водозаборов общей производительностью 7500 м³/сут. Основной проблемой водоснабжения п. Южный является наличие в воде избыточного количества железа и марганца, содержание которых в 1,5 – 3 раза выше нормативных.

Выбор способа удаления железа зависит от формы, в котором оно содержится, а также от наличия и концентрации других загрязнений подземных вод (марганец, растворённые газы и т.д.).

В подземных водах из артезианских скважин железо обычно содержится в виде бикарбоната закисного железа Fe(HCO₃)₂. Если используется подрусловая вода или вода из водоносных горизонтов, подпитываемых болотной водой, железо может содержаться в виде комплексных органических соединений. Принципиально, возможно присутствие железа в виде ионов Fe²⁺ или Fe³⁺. Процесс окисления кислородом воздуха двухвалентного железа в трехвалентное (гидролиз до HCO₃)₂) могут быть выражены следующим уравнением:



Хотя удаление из воды железа имеет свои особенности, принципиальные схемы и аппараты для осуществления процесса тождественны и состоят из двух стадий: окисление железа до нерастворимого гидроксида железа (реакция указана выше) и последующее фильтрование.

Наиболее распространённым является метод обезжелезивания упрощённой аэрацией с последующим фильтрованием на скорых фильтрах с песчаной загрузкой. Такие станции обезжелезивания построены и действуют в г. Заринске и г. Бийске. Данный способ достаточно эффективен, но имеет ограничение по окислительной способности воздуха при определенных соотношениях содержания железа и марганца. Кроме того, фильтры – обезжелезиватели имеют большие площади в плане, требуют громоздких сооружений для промывки и обработки промывной воды. Все перечисленные сооружения располагаются в здании, поэтому станция обезжелезивания занимает большие площади и является дорогостоящей как при строительстве, так и при эксплуатации. Таким образом, при небольшой производительности строительство таких станций нецелесообразно.

Ввиду небольшого водозабора в п. Южный нами была поставлена задача подбора компактной установки обезжелезивания артезианской воды.

На рынке сегодня представлено множество установок обезжелезивания. В результате анализа методов и компактных установок обезжелезивания подземных вод как более оптимальный по технологическим и экономическим критериям нами был принят метод обезжелезивания с использованием окислительных фильтров с каталитической загрузкой.

Автоматический регенерируемый фильтр предназначен для обезжелезивания воды, а также для каталитического окисления и удаления марганца и сероводорода со сбросом накопленных загрязнений в дренаж в режиме обратной промывки. Все операции: фильтрования и промывки фильтра, выполняются автоматическим клапаном фильтра.

В качестве фильтрующей среды используется новый фильтрующий материал для извлечения из воды железа и марганца – МЖФ. МЖФ гранулированный материал, обладающий каталитической активностью в реакциях окисления железа и марганца растворенными в воде окислителями кислородом, озоном, перманганатом калия или гипохлоритом натрия. МЖФ фильтрующий материал, удерживающий в межзерновом пространстве продукты гидролиза окисленных форм железа и марганца. Он эффективно работает в отличие от фильтрующих загрузок импортного производства при концентрациях железа в очищаемой воде до 50 мг/л, марганца до 2 мг/л и при низких значениях рН без его

предварительной корректировки, низкой щелочности и высоком содержании углекислоты. Регенерация материала МЖФ – безреагентная – обратной водяной промывкой.

В результате нами предложена следующая схема водоподготовки подземных вод п. Южный. Вода из артезианских скважин поступает в регулирующий резервуар, в котором она разделяется на два потока: 6500 м³/сут и 2500 м³/сут. Поток расходом 2500 м³/сут, в обход очистных сооружений, направляется непосредственно в РЧВ. Основной поток (6500 м³/сут) поступает на станцию обезжелезивания, где, после предварительного хлорирования гипохлоритом натрия (NaClO), вода поступает на окислительные фильтры, в которых происходит очистка воды от железа и марганца. После фильтров вода соединяется с обводным потоком, обеззараживается и поступает в РЧВ. Для обеззараживания предусматривается строительство электролизной установки, в которой из поваренной соли будет вырабатываться раствор гипохлорита натрия (NaClO), являющийся сильным окислителем. Раствор подается в трубопроводы перед РЧВ. Из РЧВ вода направляется на насосную станцию II подъема и далее подаётся потребителям.

СТЕНД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУЙНОГО НАСОСА

Соколов А.В. – студент, Клейн Г.О. – аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В лаборатории кафедры “Теплотехника, гидравлика и водоснабжение, водоотведение” АлтГТУ в учебных целях используется стенд для определения характеристик струйного насоса (рисунок 1). Для построения характеристик необходимо знать расходы рабочей жидкости Q_p и перемещаемой жидкости Q_n . Отношение $\frac{Q_p}{Q_n} = q$ является одним из основных

параметров насоса и к нему предъявляются повышенные требования. Расход рабочей жидкости определяется объёмным способом по времени заполнения сливного бака 6 известного объема. Но этот способ требует много времени при проведении опытов. Для определения расхода рабочей жидкости целесообразнее использовать параметры избыточного давления жидкости на входе в насос по показаниям манометра 18, и выражение $Q_p = c_p \sqrt{P_p}$, структура которого типична для определения расходов по потерям напора на местных сопротивлениях. Константу c_p определяют используя результаты измерения расхода рабочей жидкости объёмным способом с использованием бака 6.

Расход перемещаемой жидкости Q_n определяется по формуле $Q_n = c_n \sqrt{h_n}$ при помощи микроманометра и сужающего устройства (диафрагмы) 3 вмонтированного в перепускную трубу, соединяющую приемный бак 8 с приёмной камерой насоса *ПрК*.

Коэффициент c_n находится опытным путем по результатам тарировки с использованием сливного бака 6 и вентиля, управляющих направлением потоков 4 и 16.

Данный стенд оснащён также приборами измерения давления жидкости и для других параметров необходимых для построения характеристик струйного насоса.

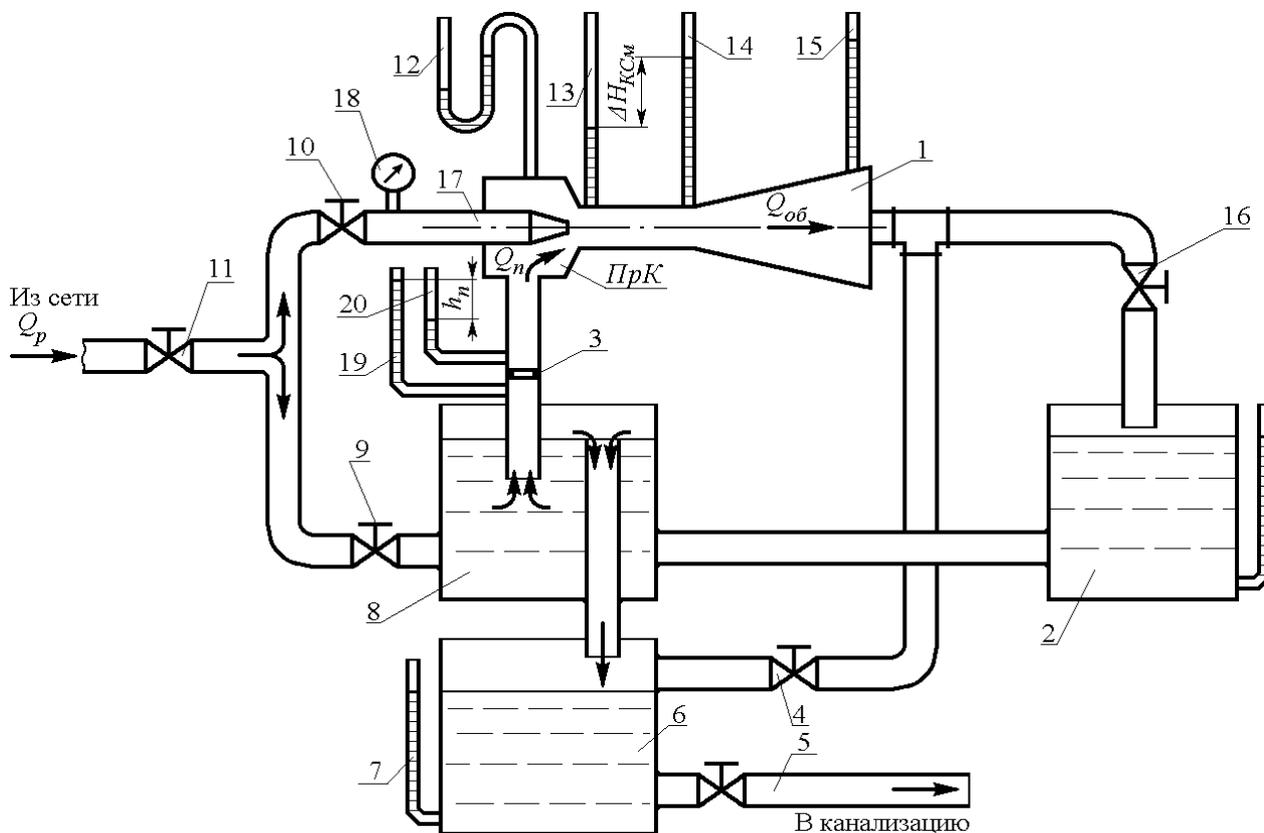


Рисунок 1 – Схема стенда для снятия характеристик струйного насоса:

1 – Эжектор; 2 – Бак рабочий; 3 – Сужающее устройство (диафрагма); 4, 9, 10, 11, 16 – Вентиль; 5 – Труба сливная с вентилем; 6 – Бак сливной; 7 – Уровнемер; 8 – Бак приёмный; 12 – U-образный манометр; 13, 14, 15, 19, 20 – Пьезометр; 17 – Сопло; 18 – Манометр