

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩЕЙ РАМПЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

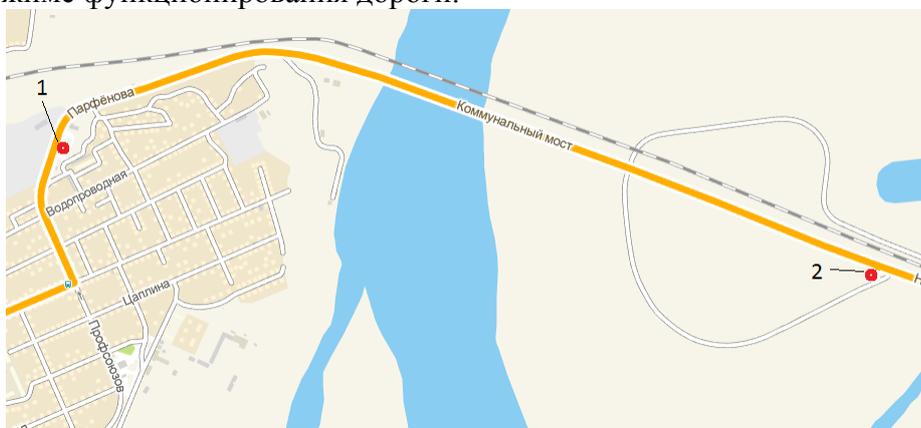
Белоусов Е. В. – студент группы Э-21, Грибанов А. А. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Разработка энергосберегающих технологий является одним из приоритетных направлений развития науки и техники Российской Федерации. Одним из направлений развития таких технологий является использование энергии движущихся людей и машин. В других странах есть практика применения пьезоэлементов для выработки электроэнергии из шагов людей. Такие устройства, например, могут питать турникеты метро или небольшие осветительные установки. В Англии была придумана рампа с генератором под ней, которая позволяет питать светофоры и подсвечиваемые дорожные знаки. Все эти новаторские подходы к выработке электрической энергии не дают возможность питать относительно большое количество электроприёмников, поэтому в данной работе будет произведена попытка проектирования источника генерации электрической энергии, способного питать осветительную нагрузку некоторого участка дороги.

На начальном этапе проектирования электрогенерирующей рампы необходимо выбрать критерии для мест её установки. Были приняты следующие критерии отбора:

- большой поток движения автомобилей;
- относительно невысокая скорость движения автомобилей;
- ограничение машин по массе.

Из удобства получения исходных данных был выбран участок дороги от АЗС «Газпромнефть» по адресу Парфёнова 22 до недействующего стационарного поста ДПС. В силу того, что на данном участке уже имеются искусственно созданные неровности для ограничения скорости потока машин, то внедрение данной разработки не повлечёт изменений в режиме функционирования дороги.



1 – АЗС «Газпромнефть»;

2 – недействующий стационарный пост ДПС

Рисунок 1 – Участок дороги, выбранный для автономного питания освещения электрогенерирующей рампой

После выбора места установки электрогенерирующей рампы, проводится полный его анализ и сбор всех необходимых для проектирования данных: количество электроприёмников, их мощность, статистические данные потока машин, протяжённость участка, климатические особенности и другое.

Так как в рассматриваемом случае лампы ДРЛ необходимо заменить на светодиодные, выбираем светодиодные светильники, удовлетворяющие тем же светотехническим условиям, что и лампы ДРЛ. При этом необходимо учитывать стоимость выбираемых аппаратов, так как срок окупаемости установки должен быть минимален.

На следующем этапе рассчитываем ёмкость аккумуляторных батарей, зная нагрузку, которую необходимо питать в определённом интервале времени. Выбор же самих

аккумуляторов производится на основе климата региона, ёмкости и предусмотренного режима работы. Зная ёмкость и тип аккумулятора, определяем режим заряда аккумуляторной батареи: находим ток, напряжение и минимальное время подачи данных величин на батарею, при прохождении одной машины через рампу.

Выбор проводов осуществляется по двум условиям: по длительно протекающему току и допустимым потерям энергии.

Отталкиваясь от значений напряжения и тока заряда аккумуляторной батареи выбираем генератор с известными зависимостями напряжения и мощности от частоты вращения ротора. В противном случае экспериментально или на принципе аналогичности составляем математическую модель выбранного генератора. Стоит также обратить большое внимание на стоимость генератора. В рассматриваемом случае подходит тихоходный генератор на постоянных магнитах РВАГПМ-5000 мощностью 5 кВт.

После выбора генератора необходимо разработать конструкцию рампы, которая должна обеспечивать за счёт маховиков и редуктора необходимое время выработки генератором требуемой мощности для заряда батареи аккумуляторов.

Выбор места расположения аккумуляторов осуществляется также исходя из климатических условий и типа аккумуляторов, в том же месте будут располагаться трансформатор, выпрямитель и стабилизатор.

На последнем этапе проектирования необходимо произвести расчёт экономической целесообразности установки.

## СНИЖЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ПОДСТАНЦИИ

Бокарев В.С. – студент группы Э-21, Мартко Е.О. – к.т.н., старший преподаватель  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Ежегодно на рынке электрической энергии (ЭЭ) наблюдается тенденция роста цен на ЭЭ, что беспокоит, как ее потребителей, так и производителей.

Цена на потребляемую электрическую энергию складывается, во-первых, из затрат, произведенных поставщиком ЭЭ на покупку средств труда, которые долговременно участвуют в процессе производства и переносят свою цену в виде ежегодных амортизационных отчислений. Данные затраты идут на : покупку оборудования, последующий ремонт и модернизацию данного оборудования; реализацию мероприятий по повышению эффективности оборудования и обеспечения энергосбережения; содержание зданий и сооружений, которые прямо или косвенно участвуют в производстве ЭЭ.

Во-вторых, не менее важной составляющей цены на электрическую энергию являются затраты на предметы труда, которые используются в процессе производства одновременно и переносят всю свою стоимость на готовую продукцию. В энергетике основную часть затрат на покупку предметов труда составляют затраты на приобретение топлива, которым в большинстве случаев является уголь, нефть, природный газ (т.е. топливо, получаемое из месторождений ископаемых природных ресурсов).

Природные ресурсы, к сожалению, не являются возобновляемыми. По данным Международного энергетического агентства (International Energy Agency, IEA), энергопотребление на Земле удваивается каждые 10 лет. При сохранении этого тренда угля человечеству хватит на 250 лет, нефти – на 40, а природного газа – на 65 [1]. Следовательно, с каждым годом запасы ресурсов истощаются, их добыча осложняется, а конечная стоимость полученного в итоге сырья неумолимо растет вверх. Данный факт непосредственно сказывается на размере конечной цены ЭЭ, поставляемой потребителю.

В настоящее время вопрос поставки потребителям более дешевой ЭЭ в Алтайском крае, как и во всей стране, является наиболее приоритетным. В связи с этим, в рамках развития электроэнергетических систем России и повышения их энергоэффективности повсеместно проводятся следующие мероприятия:

- снижение потерь ЭЭ;
- снижение количества ЭЭ, идущей на обеспечение собственных нужд;
- развитие и внедрение нетрадиционных, возобновляемых источников энергии (ВИЭ), к которым можно отнести солнечную энергию, гидроэнергию, энергию ветра, геотермальную энергию и другие.

Анализ состояния электроэнергетических систем показал, что главной проблемой является значительный нереализованный потенциал организационного и технологического энергосбережения, превышающий 1/3 общего потребления энергоресурсов в стране [2]. Данный факт отражен в основных положениях энергетической стратегии России на период до 2035 года.

Вышеупомянутую проблему можно решить несколькими способами. Одним из способов является снижение расхода ЭЭ на собственные нужды подстанций (ПС). Современные трансформаторы имеют высокий коэффициент полезного действия, который в зависимости от их мощности может достигать 99% и выше. Ряд мероприятий, направленный на уменьшение тепловых потерь, проводится как на стадии конструирования трансформаторов, так и на стадии их непосредственной эксплуатации в электроэнергетических системах. Однако, при работе трансформаторов часть энергии все же теряется в виде тепла, выделяемого в окружающую среду. Данные потери могут составлять сотни киловатт, которые можно полезно использовать с помощью тепловых насосов в целях теплоснабжения, например, помещений, эксплуатируемых персоналом подстанции и т.д.

Тепловой насос – установка, предназначенная для переноса теплоты от более холодного теплоносителя к более горячему за счет подвода внешней энергии или затраты работы, т.е. она не производит тепловую энергию, а переносят ее от теплоносителя, имеющего температуру 0...40°C (низкопотенциальны) к высокопотенциальному теплоносителю, применяемому для отопления и горячего водоснабжения, нагревая его до температуры 50...80 °С.

Схема работы ТН представлен на рисунке 1 [3].

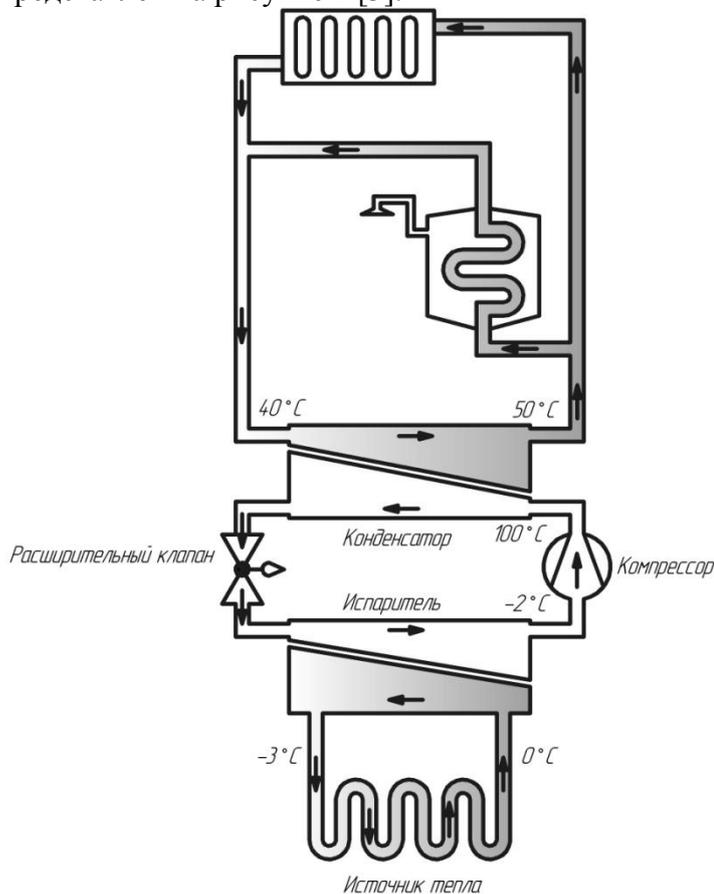


Рисунок 1 – Схема работы теплового насоса

Одной из важнейших частей ТН является компрессор, который, создавая высокое давление (десятки атмосфер), позволяет хладагенту испаряться даже при отрицательных температурах. К нему присоединен испаритель, который представляет собой радиатор из тонких трубок с высокой теплопроводностью. На входе в испаритель установлен расширительный клапан, который позволяет осуществить регулирование сечения трубопровода до диаметра в десятые доли миллиметра. При прохождении хладагента через расширительный клапан происходит его распыление, и хладагент переходит из жидкой фазы в газообразное состояние, при этом поглощая тепло, от источника тепла. Далее на пути теплоносителя установлен конденсатор, в котором хладагент отдаёт тепло радиатору, охлаждается и снова превращается в жидкость, а затем возвращается в компрессор. Такой цикл повторяется многократно.

В большинстве случаев характеристика имеющегося источника определяет его тепловые, энергетические, экономические характеристики. Основные требования к идеальному источнику тепла:

- отсутствие коррозии или загрязнений;
- отсутствие дополнительных существенных вложений и расходов по его обслуживанию;
- стабильная температура 0...40°C, достаточная для эффективной работы ТН.

Нагрев воды посредством теплового насоса и подача ее потребителям осуществляется следующим образом. Нагретое масло из верхней части бака трансформатора масляным насосом подается в теплообменник «масло - вода», где отдает теплоту другому теплоносителю, который циркулирует в промежуточном контуре между тепловым насосом и теплообменником «масло-вода». В испарителе ТН теплоноситель отдает теплоту фреоновому контуру. Фреон, при поступлении теплоты начинает кипеть. После сжатия компрессором и конденсации в конденсаторе ТН температура фреона повышается, и его теплота передается воде, подаваемой потребителям.

При температуре масла 20-30 °С температура воды достигает значений 55-65 °С. Такую схему также применяют на подстанциях 110-400 кВ.

Установка систем отопления с тепловым насосом позволяет повысить энергоэффективность системы в целом, что позволяет снизить затраты на обеспечение собственных подстанции, а так же положительно сказывается на себестоимости электроэнергии.

Список использованных источников:

1. Новости энергетики / Есть ли будущее у ветроэнергетики в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://novostienergetiki.ru/est-li-budushhee-u-vetroenergetiki-v-rossii/> – Заглавие с экрана.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ac.gov.ru/files/content/1578/11-02-14-energostrategy-2035-pdf.pdf> – Заглавие с экрана.
3. Трубаев, П. А. Тепловые насосы : учеб. пособие / П. А. Трубаев, Б. М. Гришко. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 142 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Борисов И.С. – студент группы Э-21, Компанеев Б.С. – к.т.н., доцент

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

На современном этапе развития электроэнергетики в связи с ограниченностью ископаемых топливных ресурсов все большее распространение получают различные возобновляемые источники энергии.

Основными возобновляемыми источниками являются: ветер, течение рек, волны, приливы, солнечный свет, геотермальная энергия и биотопливо.

Однако данные источники энергии имеют ряд недостатков, таких как высокая стоимость установок, ограниченность области их применения и, как следствие, высокую себестоимость получаемой электроэнергии, в связи с чем такие установки не способны конкурировать с традиционными источниками электроснабжения. Их применение оправдано в том случае, когда невозможно или нецелесообразно обеспечить доступ к традиционным источникам (отдаленные и малонаселенные районы, горные участки местности и т.п.) где затраты на сооружение линий электропередачи будут чрезмерно высоки и не соответствуют планируемым объемам потребления электроэнергии. Но и установка автономных возобновляемых источников энергии очень затратна. К примеру, стоимость генератора для ветровой электроустановки (ВЭУ) мощностью 1 кВт на рынке составляет примерно 24 000 рублей, а для ВЭУ мощностью 10 кВт – 340 000 рублей. При этом цена дополнительного электрооборудования, такого как контроллер, инвертор и аккумуляторные батареи составят около 25 000 и 300 000 рублей соответственно. Если учесть дополнительные затраты на обслуживание электроустановки, то себестоимость получаемой электрической энергии становится выше стоимости электроэнергии для населения. Среднегодовая скорость ветра на территории России превышает 5 м/с только на Северном Кавказе, побережье Тихого океана на Дальнем Востоке, в прибрежных районах Крайнего Севера и Калининградской области. Поэтому применение ветрогенераторов с горизонтальной осью вращения ограничено ввиду того, что для работы таким ВЭУ необходима скорость ветра 6 м/с или более. Ветрогенераторам с вертикальной осью вращения достаточно ветра скоростью 1 м/с для получения электроэнергии, но и их использование малоэффективно, так как общие потери энергии в ВЭУ и вспомогательном оборудовании достаточно высоки.

На данный момент ветер имеет наибольший потенциал среди всех возобновляемых источников энергии, по данным Всемирной Ветроэнергетической Ассоциации (WWEA) на конец 2015 года суммарная установленная мощность всех ВЭУ в мире составила почти 435 ГВт [1]. На втором месте по потенциалу использования находится гидроэнергетика, на 2015 год суммарная установленная мощность всех гидроэлектростанций составила около 1036 ГВт [2], однако гидроэнергетический потенциал крупных рек в развитых странах почти исчерпан, при этом строительство крупных плотин сильно влияет на окружающую среду. В связи с этим все более широкое распространение получают малые ГЭС и микро-ГЭС. В России компания РусГидро разработала план-прогноз развития малой гидроэнергетики на перспективу до 2025 года, который предусматривает ввод малых ГЭС общей установленной мощностью свыше 850 МВт [3].

С другой стороны, продолжается тенденция роста стоимости электрической энергии для населения, и, следовательно, целесообразность применения альтернативных видов электроэнергии. Это особенно актуально для юридических лиц, так как тариф на электроэнергию для них существенно выше и при подключении к сети они оплачивают мощность присоединения.

Рассмотрим конструкцию нетрадиционного источника электроэнергии более подробно на примере ветроустановки. Применяемые конструкции ветровых электроустановок, как правило, содержат собственно сам электрический генератор, зачастую это асинхронный генератор, устройства регулирования и защиты, выпрямитель, батарею аккумуляторов и инвертор. Лопастей ветрогенератора под воздействием ветра вращаются и вращают ротор генератора переменного тока. Затем переменный ток выпрямляется по двум причинам. Во-первых, ввиду непостоянства скорости ветра, лопасти турбины генератора вращаются с переменной скоростью и генератор вырабатывает переменный ток непостоянной частоты, использование которого недопустимо для большинства электроустановок. Во-вторых, электроэнергию выпрямленного напряжения можно накапливать на аккумуляторах, что так же компенсирует несовпадение по времени потребления и выработки электроэнергии. Большинство электроприемников рассчитаны на переменный ток напряжением 220В и частотой 50Гц, поэтому используются электронные инверторы для преобразования постоянного напряжения.

В связи с тем, что внутри электроустановки происходит несколько ступеней преобразования энергии, каждое из которых сопровождается существенными потерями, страдает коэффициент полезного действия (к.п.д.) всей электроустановки и он будет равен произведению к.п.д. каждого из элементов, входящих в нее. Для асинхронного генератора его значение варьируется от 0,65 до 0,94 в зависимости от модели, для аккумуляторных батарей – 0,8-0,9, а к.п.д. инвертора и выпрямителя можно принять приблизительно равным 0,95. Без учета эффективности лопастей ветрогенератора, которая зависит от конструкции, коэффициент полезного ВЭУ будет менее 77%.

С целью устранения большинства вышеперечисленных недостатков предлагается применять другой подход к использованию нетрадиционных источников энергии. А именно отказаться от многократного преобразования энергии в установке, за счет этого уменьшить и упростить конструкцию и снизить стоимость. Для решения этой задачи предлагается в качестве генератора применить коллекторный генератор переменного тока. Изменение типа электрической машины обосновано одним существенным отличием – частота напряжения на выходе такого генератора не будет зависеть от скорости вала первичного привода и на выходе мы получаем сигнал той формы, какой мы подаем на обмотку возбуждения генератора. Конструктивно однофазный коллекторный генератор схож с генератором постоянного тока, обмотка возбуждения которого запитана от сети переменного тока.

Так как щетки закреплены на статоре, на котором находятся обмотки возбуждения переменного тока, то магнитное поле вращается относительно щеток с той же частотой, что у напряжения, подаваемого на возбуждение машины. То есть, при подаче на статор тока частотой 50 Гц, на щетках также будет возникать напряжение этой частоты. Величина этого напряжения будет зависеть от скорости вращения ротора, поэтому, при усилении ветра напряжение на выходе генератора будет возрастать, а при ослаблении – уменьшаться. Стабилизировать выходное напряжение можно при помощи устройства автоматического регулирования возбуждения (АРВ), которое будет действовать при изменении скорости вращения ротора, меняя поток возбуждения генератора. Для решения этой задачи предлагается использовать устройство регулирования возбуждения, которое изменяет количество витков обмотки возбуждения, как и устройство РПН. Так же, как и трансформаторе, при переключении отпаяк напряжение питания возбуждения подается на различное количество витков катушки, от чего изменяется величина создаваемого магнитного потока. Переключение отпаяк производится при помощи симисторов, управляемых микропроцессором, на который подаются сигналы от устройств, измеряющих скорость вращения ротора и напряжения сети. При уменьшении скорости вращения ротора и уменьшении ЭДС на выходе, программируемый микроконтроллер подает на симисторы сигнал к переключению от некоторой отпайки к следующей, соответствующей меньшему количеству витков в катушке, что приведет к увеличению магнитного потока машины. При этом ЭДС генератора увеличится, возвращаясь на номинальный уровень. И, наоборот, при увеличении скорости вращения ротора возрастает ЭДС, симистор текущей отпайки закрывается и открывается симистор отпайки, соответствующей большему числу витков обмотки возбуждения, магнитный поток уменьшается, напряжение на выходе генератора так же уменьшается, и так далее, пока напряжение на выходе не достигнет необходимого уровня.

Чтобы не происходило размыкания цепи возбуждения машины, переключение должно происходить в момент прохождения синусоиды тока через ноль. При этом, в случае, если одновременно открыты два симистора, ток через короткозамкнутый виток, находящийся в переменном магнитном поле, будет минимальным, так как магнитный поток машины совпадает по фазе с током, создающим его.

При использовании генератора такого типа получится ветроэлектроустановка, которая может питать нагрузку электроэнергией с необходимыми параметрами, не нуждаясь в выпрямлении тока и последующем его преобразовании. Поэтому для использования такого источника возобновляемой энергии не нужны выпрямители, аккумуляторные батареи и инверторы, следовательно, такая конструкция будет существенно дешевле, занимать заметно

меньше места и его к.п.д. при этом должен быть выше. Но для работы установки необходим источник питания обмотки возбуждения (эту функцию может выполнять инвертор малой мощности в случае автономного исполнения или традиционная сеть электроснабжения, второй вариант даже более предпочтителен), также при отказе от установки аккумуляторных батарей теряется возможность накопления электроэнергии и в этом случае избыточная мощность установки также будет недоиспользована, а при превышении нагрузки взять ее будет неоткуда.

В связи с этим предлагается другая концепция использования установки не как альтернатива традиционного электроснабжения, а как дополнение. Предполагается работа установки совместно с основной сетью, причем мощность установки принимается ниже среднего потребления, в этом случае при нехватке мощности она будет компенсироваться за счет основной сети, в случае снижения потребления электроэнергии часть энергии может отдаваться в сеть.

Также коллекторный генератор с описанным устройством регулирования напряжения могут использоваться для выработки электроэнергии из других источников, у которых скорость вращения вала генератора непостоянна, например, для микро-ГЭС. Таким образом, обеспечивается постоянство частоты и напряжения на выходе генератора микро-ГЭС, даже при отсутствии гидротехнических сооружений, предназначенных для стабилизации скорости водного потока и уровня воды. Благодаря этому, возможно использование данной конструкции для универсальных микро-ГЭС и пико-ГЭС, которые можно установить на реки с любой скоростью течения. Кроме того, изменение уровня воды в результате паводков, дождей или других факторов, не влияет на частоту и напряжение получаемой электроэнергии.

Список использованных источников:

1. Мир устанавливает новый рекорд по установке ветроустановок в 2015 году [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://www.wwindea.org/the-world-sets-new-wind-installations-record-637-gw-new-capacity-in-2015/>
2. Отчет Международной Ассоциации Гидроэнергетики за 2015 год [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/2015%20Hydropower%20Status%20Report%20single%20pages%20%282%29.pdf>
3. Деятельность РусГидро: Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://www.rushydro.ru/activity/vie/>

## РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Гизбрехт О. П. – студент группы Э-31, Брындин А. И. – студент группы 8Э-51,

Белицын И. В. – к.п.н., доцент

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

Одним из наиболее развивающихся альтернативных источников энергии является солнечная энергетика. Этот источник энергии обладает экономическими и экологическими преимуществами, что позволяет говорить о серьезных перспективах распространения солнечной энергетика.

Солнце является свободным энергоресурсом. При работе солнечных коллекторов не производится никаких выбросов в атмосферу. Материалы, из которых изготовлены солнечные коллекторы, могут использоваться вторично.

Для России использование и развитие солнечной энергии имеет большие перспективы. Многие граждане в нашей стране сейчас находятся без централизованного энергообеспечения, что очень усложняет их проживание, применение солнечных коллекторов могло бы решить эту проблему.

В последние годы в связи с ростом цен на энергоресурсы и стремлением к повышению надежности теплоснабжения потребителей, вопрос усовершенствования солнечных

коллекторов становится все более актуальным и перспективным для развития. На сегодняшний день солнечные коллекторы являются самыми эффективными устройствами, работающими на солнечной энергии. Основное назначение вакуумного солнечного коллектора - это преобразование солнечной энергии в тепловую. На рисунке 1 представлены модели солнечных установок.



Рисунок 1 – Солнечные водонагревательные установки

Существует два основных типа солнечных коллекторов, это вакуумные трубчатые коллектора и плоские коллектора [1]. В нашей работе рассматривается установка-гибрид солнечного параболического концентратора и вакуумной трубки. В настоящее время, подобных конструкций в производстве для домашнего использования не существует, поэтому мы решили провести исследование в этом направлении.

На рисунке 2 представлено общее устройство модели:

- параболический концентратор – металлическая конструкция с отражающим слоем [2];
- опорная конструкция - жёсткая металлическая конструкция;
- вакуумная тепловая трубка – тепловой приёмник;
- солнечный трекер – система слежения за солнцем;
- линейный актуатор – поворотный механизм.

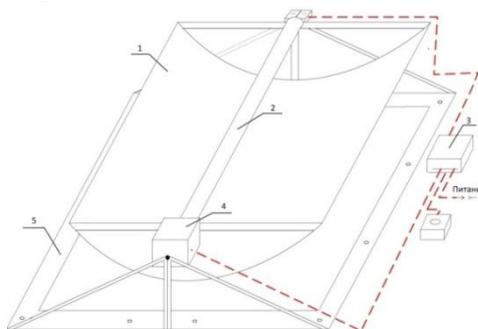


Рисунок 2 – Общее устройство модели

Управление конструкцией осуществляется посредством электронной платформы «Arduino».

Принятая к исполнению принципиальная схема представлена на рисунке 3.

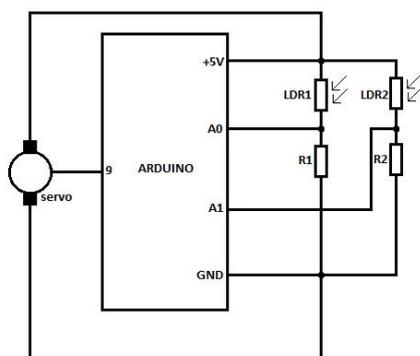


Рисунок 3 – Электрическая схема солнечного трекера.

На основе собранных данных была собрана демонстрационная модель системы слежения за солнцем, представленная на рисунке 4.

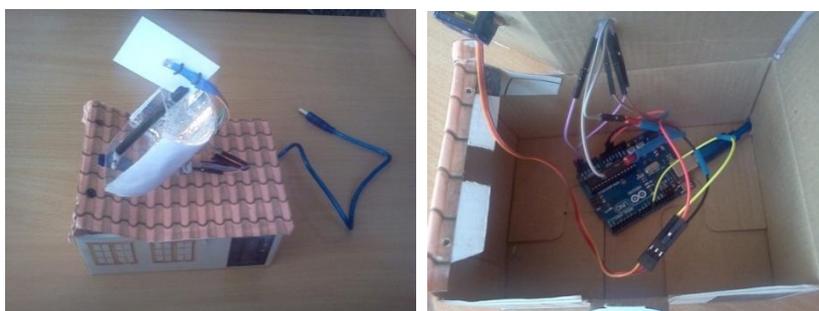


Рисунок 4 – Демонстрационная модель

Основным достоинством нашей конструкции является большая эффективная рабочая площадь, которая поддерживается солнечным трекером, в отличие от классических солнечных коллекторов. При разработке солнечного трекера делается упор на снижение стоимости производства устройства, которое будет вполне пригодно для домашнего использования. Немаловажным фактором являлся подбор качественных и недорогих материалов для изготовления узлов и агрегатов данной установки.

Список использованных источников:

1. Альтернативная энергетика [Электронный ресурс] : Перспективы энергетика. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Альтернативная\\_энергетика](https://ru.wikipedia.org/wiki/Альтернативная_энергетика) (дата обращения 06.09.15)
2. Горячее водоснабжение на даче и в доме [Электронный ресурс] : Концентрирующий параболический солнечный коллектор. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://delaysam.ru/dachastroj/dachastroj56.html> (дата обращения 22.09.15)

## МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Самсонова Н.Ю. – студент группы Э-31, Попов А.Н. – к.т.н., доцент

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

На данном этапе развития энергетической области потребители имеют возможность получать качественную электроэнергию и ни отказывать себе в злоупотреблении электричеством. Возьмем в качестве примера Алтайский край, это несколько проблемная зона в качестве производства электроэнергии, так край в среднем потребляет 10,5 млрд. кВт ч. в год, из них собственными генерируемы мощностями обеспечивается порядка 60% от общей потребности, недостающая электроэнергия поступает из-за пределов края [1].

В данном случае решением данного вопроса мог стать альтернативный источник энергии – мусоросжигательный завод, который смог бы справиться с другой проблемой в крае- проблемой устранения твердых бытовых отходов на старом полигоне ТБО. Таким образом, ежегодно 1600 тыс. кубометров бытовых отходов формируется в только в г. Барнауле, а полигон ТБО способен вмещать лишь 1200 тыс. кубометров. Таким образом, мусоросжигательный завод стал не только бы важной частью энергосистемы, но и экологически выгодным решением [2].

В своем конструктивном решении есть различные виды мусоросжигательных заводов. В основном заводы разделяют по типу печей для сжигания отходов:

- слоевое сжигание;
- технология кипящего слоя;
- пиролиз и газификация.

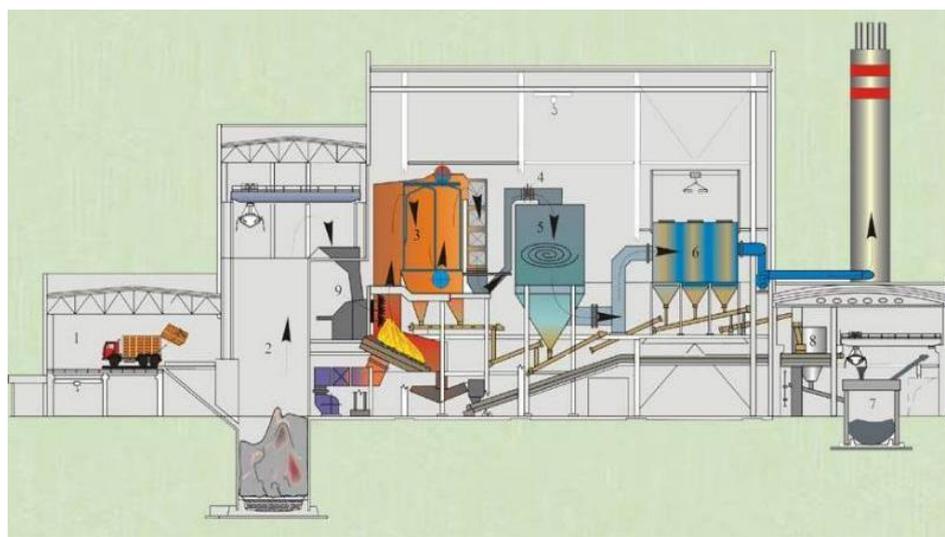
При слоевом сжигании характерна подача горячих воздушных потоков на слой отходов, загруженных на колосниковую решетку.

В технологии кипящего слоя отходы предварительно разделяют на гомогенные фракции, а затем сжигают в специальных камерах в присутствии песка, доломитовой крошки или другого абсорбента, который обладает высокой теплопроводностью. В процессе горения частицы слоя под действием струй воздуха начинают активно перемещаться, так что это поведение напоминает жидкость и так же подчиняется законам гидростатики. Данный способ позволяет снизить эмиссию вредных веществ при сгорании.

При пиролизе и газификации отходы нагревают в бескислородной среде, вследствие образуется газ, который можно использовать как топливо [2].

Так можно судить, что наилучшим вариантом для исполнения завода будет технология кипящего слоя, которая позволяет наибольшим образом сократить выброс вредных отходов в окружающую среду, чем и является минус данного проекта [3].

Такое сырье – как твердые бытовые отходы в электроэнергетике используется крайне редко, в следствии малой энергоемкости и для поддержания работы такого проекта, как мусоросжигательный завод потребуется много сырья, что позволит обеспечить утилизацию бытовых отходов со всего Алтайского края, это только плюс так как не потребуется большое количество капиталовложения [4].



1 – приемное отделение; 2 – приёмный бункер ТБО; 3 – котлоагрегат; 4,5,6 – отделение газоочистки; 7,8 – шлаковое отделение; 9 – загрузка ТБО в печь

Рисунок 1 – Мусоросжигательный завод



Рисунок 2 – Приемный бункер

Таким образом, можно сделать вывод, что мусоросжигательный завод - это огромный плюс в производстве электроэнергии, как альтернативный источник, ныне представленным в Алтайском крае. Данный проект даст возможность краю, городу, гражданам сэкономить на электроэнергии, ведь сегодня алтайский край платит не только за электроэнергию, но и за ее доставку, в частности за потери энергии при ее транспортировке, что составляет приличную сумму [5]. Мусоросжигательный завод будет для города значимым объектом, затратным капиталовложением, который даст немалый вклад в инфраструктуру города и электроэнергетическую сеть, что сегодня важно для края и для страны в целом.

Список использованных источников:

1. Потребность Алтайского края в электроэнергии и топливе [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://doc22.ru/information/povestkadniapromishlennost/4441>.
2. Определение экологической ситуации в Алтайском крае [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://altapress.ru/story/41585>
3. Попов, А. Н. Управление человеческими ресурсами как один из наиболее важных компонентов системы корпоративного менеджмента на предприятиях электроэнергетики [Текст] / А. Н. Попов, О. Л. Никитина // Ползуновский вестник. – №4. – 2009. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2009. – С. 116 – 123
4. Мусоросжигательный завод [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Мусоросжигательный\\_завод](https://ru.wikipedia.org/wiki/Мусоросжигательный_завод)
5. Рекомендации по проектированию и эксплуатации заводов по сжиганию твердых бытовых отходов [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://files.stroyinf.ru/Data1/41/41804/>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЫТА

Пилипчук Д.Н., Перекрест И.М. - студенты гр. 8Э-53, Стальная М.И. - к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время населенные пункты, промышленность и домашние хозяйства во всем мире все в большей степени нуждаются в надежной, доступной по цене и экологичной энергии. Возобновляемые источники энергии могут внести существенный вклад в удовлетворение этой потребности – как в частных домашних хозяйствах, так и в сфере промышленности, транспорта и снабжения целых населенных пунктов.

К нетрадиционным источникам энергии относят энергию ветра, биоэнергию, солнечную энергию, гидроэнергию и геотермальную энергию. Эти варианты получения энергии, как дополнительной, используются в последнее время все чаще. В отличие от ископаемых энергоносителей, возобновляемые источники являются неисчерпаемыми. Помимо этого, нетрадиционные источники энергии имеют массу достоинств, таких как: доступность к использованию (доступны во всем мире в различных проявлениях), безопасность (безопасное производство, эксплуатация и утилизация), стабильность цен (независимость от неустойчивых рынков традиционных источников энергии, стоимость на энергию стабильна на протяжении долгого времени), экологичность (почти полное отсутствие вредных выбросов в атмосферу, воду, почву), что способствует охране климата, сохранению здоровья людей.

При применении технологий аккумулирования и сетевых технологий можно накапливать возобновляемую энергию, передавать ее на большие расстояния от места производства до места потребления, а также распределять ее и тем самым использовать оптимальным образом в соответствии с потребностями.

В странах с умеренным климатом, таких как Германия и Англия, чаще всего используются ветровые электростанции. Погода в течении года на территории этих стран чаще всего пасмурная с дождями и туманами, поэтому использование солнечной энергии не целесообразно. Современные ветроэнергетические установки работают по принципу подъемной силы, когда, как у самолета, используется подъемная сила встречного ветра. Существующие сегодня установки в состоянии преобразовывать до 50 процентов силы ветра. Электричество из возобновляемых источников энергии обеспечило в Германии 74% всего спроса, что стало новой рекордной отметкой. В результате столь значительного увеличения генерируемой электроэнергии цены на нее оказались под сильным давлением и стали снижаться на открытом рынке. Сегодня Германия занимает ведущее место в мире в области использования энергии ветра.

Европейский опыт использования энергии ветра можно применить на Алтае. Территория республики характеризуется обширными безводными степными зонами и высокими горными хребтами, которые разделены узкими и глубокими речными долинами. Обычно, требуемая мощность электроэнергии в удаленных районах не превышает 10-15 кВт, поэтому нецелесообразно и экономически не выгодно осуществлять по весьма удаленной степной и сильно пересеченной местности электроснабжение этих объектов. Установка мобильных небольших ветрогенераторных установок будет экономически выгодной и, кроме того, целесообразной в связи с постоянно дующими ветрами. Таким образом, установкой ветряных электростанций можно решить проблему электроснабжения потребителей в удаленных и труднодоступных местах.

Список использованных источников:

1. Лабейш, В. Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Текст] : учебное пособие / В. Г. Лабейш. – Санкт-Петербург : Изд-во СЗТУ, 2003. – 79 с.
2. Лукутин, Б. В. Возобновляемые источники электроэнергии [Текст] : учебное пособие / Б. В. Лукутин. – Томск : Изд-во ТПУ, 2008. – 187 с.
3. Городов, Р. В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Текст] : учебное пособие / Р. В. Городов, В. Е. Губин, А. С. Матвеев. – Томск : Изд-во ТПУ, 2009. – 294 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ КИТАЙСКОГО ОПЫТА

Перекрест И.М., Пилипчук Д.Н. - студенты гр. 8Э-53, Стальная М.И. - к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Солнце, ветер и другие возобновляемые источники энергии в настоящее время становятся действительно экономичной альтернативой ископаемому топливу.

Китай известен как крупнейший в мире пользователь и производитель угля, а также как наибольший источник выбросов углекислого и других парниковых газов. Но Китай также строит крупнейшие в мире системы производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии – чуть более 1 трлн. кВтч произведенной электрической энергии к 2013 году, что в общей сложности больше аналогичного показателя энергосистем Франции и Германии. Стремление Китая создать крупнейшую в мире систему производства электроэнергии из ВИЭ широко признается во всем мире.

По данным на июнь 2015 года, в Китае работало 115 ГВт ветряных электростанций, что составляет около 31 % от ветряных мощностей всего мира. Китай занимает первое место в мире по размеру установленных ветряных электростанций. За 2014 год в Китае было построено 23,3 ГВт новых ветряных электростанций, что является мировым рекордом. В 2014 году ветряные электростанции Китая выработали 138 ТВт\*ч электроэнергии, или 2.6% от общей выработки.

Уличное освещение в Китае станет экологичным. Правительство Китая взяло курс на «зелёные технологии». В Шанхае появились 120-ваттные светодиодные уличные фонари, использующие для работы солнечно-ветровую установку.

Сейчас солнечно-ветровые панели используют преимущественно на парковках и вдоль шоссе. Электроэнергия вырабатывается даже при облачности. Электросеть гибридных фонарей рассчитана на полное обеспечение уличного освещения, но подключена к общей энергосети; это значит, что в случае переизбытка выработанной энергии ветровыми турбинами и солнечными панелями она может отправлять излишки этой энергии обратно. Внутри находятся «умные» датчики, которые включают лампы, когда становится достаточно темно; выключаются согласно датчику — через 8 или 10 часов. Из-за того, что управление происходит автоматически, система имеет фиксированные расходы электричества и никогда не выходит за их пределы. Цикл жизни сети гибридных уличных фонарей — двадцать лет, с обязательным ежегодным техосмотром.

Крестьянин, проживающий в деревне Дэмоли (провинция Хэйлунцзян, Северо-Восточный Китай) установил на крыше своего дома солнечную установку. Он стал одним из первых обладателей индивидуальной солнечной электростанции, созданной при поддержке провинциального бюджета.

Новая установка состоит из трех солнечных панелей и установлена благодаря новой программе поощрения создания небольших солнечных электростанций семейного типа при бесплатной помощи электроэнергетической компании. Для сооружения собственной электростанции он потратил всего более 60 тыс юаней (около 10 тыс. долларов). Его солнечная установка имеет мощность 5,17 кВт и напряжение в 380 вольт, она способна выработать 144 тыс кВт/ч электроэнергии в год. Для удовлетворения повседневного спроса семьи ему требуется 2941 кВт/ч, остальную часть электроэнергии можно использовать для отопления дома в зимний сезон, а лишнюю часть — продавать электроэнергетической компании по единой льготной цене. По расчетам, собственная электростанция окупит себя за 5-6 лет.

Из приведенных выше примеров можно сделать вывод о том, что энергия ветра и солнца уже сейчас является альтернативой традиционным источникам энергии и данный опыт очень интересен для Алтайского края в связи с тем, что здесь большое количество солнечных дней, а в предгорьях можно устанавливать ветроэлектростанции.

Список использованных источников:

1. Сидорович, В. Мировая энергетическая революция. Как возобновляемые источники энергии изменяют наш мир [Текст] : учебное пособие / В. Сидорович. – Москва: Изд-во Альпина Паблишер, 2015. – 148 с.
2. Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Текст] : учебное пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – Москва: Изд-во КноРус, 2012. – 98 с.
3. Городов, Р. В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Текст] : учебное пособие / Р. В. Городов, В. Е. Губин, А. С. Матвеев. – Томск : Изд-во ТПУ, 2009. – 257 с.
4. Алхасов, А.Б. Возобновляемая энергетика [Текст] : учебное пособие / А.Б. Алхасов. – Москва: Изд-во Физматлит, 2010. –162 с.

**АВТОНОМНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ И РЕСПУБЛИКЕ АЛТАЙ**  
Трутнев П.С. – аспирант, Иванова Т.Ю. – студент гр.8С-51, Иванов В.М.- д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Возрастающие с каждым годом выработка и потребление энергии в мире создают необходимые условия для ускорения научно-технического прогресса, который позволяет улучшать благосостояние людей планеты. Но вместе с тем возрастающие объемы потребления энергии требуют все больших и больших объемов углеводородного сырья, запасы которого не безграничны. При населении России, составляющем 2,4 % от мировой численности населения, наша страна обладает 12 % мировых запасов нефти, 35 % мировых запасов газа, 16 % мировых запасов угля и 14 % урана. Однако, несмотря на богатство органических ресурсов, половина регионов России (в том числе Алтайский край и республика Алтай) испытывают дефицит энергии, а в некоторых районах ситуация критическая.

Надежное электроснабжение децентрализованных регионов, а также небольших предприятий является актуальной задачей энергетики Алтайского края, от успешного решения которой зависит его социально-экономическое развитие.

В настоящее время энергоснабжение автономных потребителей обеспечивается в основном с помощью бензиновых и дизель-генераторов, эксплуатация которых сопряжена с большими затратами на периодический завоз топлива и обслуживание. Дополнительными негативными факторами использования таких установок являются выбросы продуктов сгорания в окружающую среду и шум. Серьезной экологической проблемой является загрязнение окружающей среды топливными контейнерами.

Решить данные проблемы можно за счет внедрения автономных энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии. Использование возобновляемых источников энергии является частью энергетической государственной политики. В долгосрочных программах энергетической политики России (распоряжение Правительства РФ № 1234-р) предусмотрено, что к 2020 году в России производство электроэнергии за счет возобновляемых источников энергии должно составлять 4,5 % от общего производства в России, что соответствует вводу около 25 ГВт мощности.

При достижении стоимости 1кВт\*ч 3,6-4 руб. внедрение энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии становится и экономически выгодным [1-3].

Для Алтайского края наиболее перспективным направлениям использования возобновляемых источников являются освоение гидроэнергетического, солнечного, ветроэнергетического потенциалов и местных видов топлива. При этом освоение гидроэнергетического потенциала за счет использования автономных гидроэнергоустановок способно в значительной степени уменьшить дефицит электроснабжения удаленных существующих энергосистем сельских районов, районов с одноцепными и радиальными

физически изношенным линиям электропередачи, а также небольших предприятий города Барнаула.

Коллектив преподавателей, сотрудников и учащихся АлтГТУ на протяжении многих лет успешно занимается созданием и внедрением автономных гидроэнергетических установок на территории Алтайского края и республики Алтай.

В Алтайском крае уставлены две микро-ГЭС с водоналивными колесами по проектам, разработанными в АлтГТУ: на Колыванском камнерезном заводе в с. Колывань Курьинского района и в поселке Новозыково Красногорского района.

Современная гидроэнергетическая установка, включающая микро-ГЭС с водоналивным колесом, была установлена в связи с юбилеем Колыванского камнерезного завода по заданию Администрации Алтайского края. Работы по реконструкции выполнены по проекту, разработанному учеными Алтайского государственного технического университета. В лаборатории гидротехнических сооружений малых гидроузлов и микро-ГЭС, была создана модель водоналивного колеса в масштабе 1:2. Оптимизирована форма лопаток, позволяющая получить наполнение около 50 % от максимально возможного объема (объема полукольца). С применением вододержателя, расположенного в нижней четверти колеса и выполненного в виде радиально изогнутой стенки с зазором 10 мм от колеса, удалось увеличить наполнение до 60 %. Преподавателями, сотрудниками и учащимися АлтГТУ был также создан полномасштабный блок автоматического управления электрической нагрузкой (БАУЭН-1), выполнены поверочные расчеты на статические и динамические нагрузки крепления за водосбросными сооружениями и проведены все необходимые испытания.

В результате для электроснабжения и энергосбережения на заводе была установлена микро-ГЭС с водоналивным колесом диаметром 5,5 м, шириной 0,9 м и количеством лопаток 48. Основные технические характеристики установленной микро-ГЭС: мощность 15 кВт, расход 0,55 м<sup>3</sup>/с, напор 5,5 м, напряжение фазное – 230 В, частота 50 Гц, общий КПД 60 %. В настоящее время микро-ГЭС эффективно работает в штатном режиме на заводе и вырабатывает электроэнергию для его нужд круглый год [4].

Другим объектом является микро-ГЭС установленная в поселке Новозыково Красногорского района в рамках проекта «Малая Родина». Микро-ГЭС состоит из водоналивного колеса диаметром 3 м, шириной 0,88 м и количеством лопаток 12, системы автоматического управления и блока автоматического управления электрической нагрузкой (БАУЭН-2). Основные технические характеристики установленной микро-ГЭС: мощность 10 кВт, расход 0,55 м<sup>3</sup>/с, напор 3,5 м, напряжение фазное – 230 В, частота 50 Гц, общий КПД 60 % [5].

В республике Алтай на притоке реки Саратанка в Международном детском туристическом лагере «Кох-Таман», находящимся в 15 км от села Саратан Улаганского района, была установлена микро-ГЭС с осевой гидротурбиной. Основные технические характеристики установленной микро-ГЭС: мощность 4,5 кВт, расход 0,1 м<sup>3</sup>/с, напор 10 м, напряжение фазное – 230 В, частота 50 Гц, общий КПД 50 % [6 – 8].

Авторами разработан проект микро-ГЭС с водоналивным колесом диаметром 2 м, шириной 1,35 м для электроснабжения посёлка Аргут Кош-Агачского района республики Алтай.

Срок окупаемости установленных микро-ГЭС составил 2 – 3 года, а стоимость строительства 1 кВт установленной мощности около 60 тыс. рублей. Высокие технико-экономические показатели микро-ГЭС достигнуты за счёт применения оригинальных конструкторских решений авторов, защищенные патентами РФ на изобретения и полезные модели [7 – 11].

Список использованных источников:

1. Иванов В.М. Состояние электроэнергетики России и проблемы электроснабжения потребителей в удаленных и децентрализованных районах / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, С.Г.

Пчелинцев, П.В. Рожков // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета – Ставрополь, 2012. – № 2 (31). – С. 54 – 57.

2. Сёмкин Б.В., Бахтина И.А., Степанова П.В., Ильиных С.В. Перспективы автономной энергетики в Алтайском крае. Современные проблемы электроэнергетики – Алтай-2013. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ. 2013. – С. 93 – 96.

3. Бахтина И.А., Белицын И.В., Гизбрехт О.П. Определение основных критериев эффективности автономных электроэнергоустановок. Современные проблемы электроэнергетики. Алтай – 2014 (Электронный ресурс): сборник статей II Международной научно-технической конференции/ Алт.гос.техн.ун-т им.И.И.Ползунова. 2014. – С. 19 – 28.

4. Иванов В.М. Энергосбережение с использованием микро-ГЭС на Колыванском камнерезном заводе / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, П.П. Свит, Б.В. Семкин // Ползуновский Вестник, 2013. Вып. 4-2. – С. 84 – 89.

5. Иванов В.М., Свит П.П., Сёмкин Б.В., Иванова Т.Ю., Бахтина И.А. Использование возобновляемых источников энергии в Алтайском крае. Современные проблемы электроэнергетики – Алтай-2013. Барнаул: Изд-во АлтГТУ. 2013. С. 54 – 57

6. Бахтина И.А. Экспериментальные исследования микро-ГЭС с осевой гидротурбиной на гидравлическом стенде / И.А. Бахтина, В.М. Иванов, С.В. Ильиных и др. // Ползуновский Вестник, 2013. Вып 4-2. – С. 12 – 19.

7. Патент на изобретение № 2371602. Осевая гидротурбина / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, А.А. Блинов.- Заявка № 2008100434/06; Заявл. 09.01.2008; Оpubл. в Б.И., 27.10.2009, № 30.

8. Патент на полезную модель № 94288. Осевая гидротурбина / В.М.Иванов, Т.Ю.Иванова, Е.П.Жданов. Заявка №2009148247; Заявл.24.12.09 г.; Оpubл. в Б.И., 20.05.10 г., Бюл. № 14.

9. Патент на полезную модель № 95560. Устройство для выработки электрической энергии из энергии воды / В.М. Иванов, Б.В. Сёмкин, Т.Ю. Иванова, Г.О. Клейн и др. – Заявка № 2010105722; Заявл.17.02.10. – Оpubл. в Б.И.10.07.10 г. Бюл. № 19.

10. Патент на полезную модель № 102065. Микро-гидро-электростанция / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, Г.О. Клейн и др. – Заявка № 2010140030 Заявл. 29.09.10 г.; Оpubл. в Б.И. 10.02.11 г., Бюл. № 4.

11. Патент на полезную модель № 154955. Осевая гидротурбина / В.М.Иванов, Т.Ю.Иванова, П.С.Трутнев и др.- Заявка №2014151079; Заявл.16.12.14 г.; Оpubл. в Б.И., 20.09.15 г., Бюл. № 26.

#### МИКРО-ГЭС, УСТАНОВЛЕННЫЕ КАФЕДРОЙ ТГиВВ В РЕСПУБЛИКЕ АЛТАЙ

Пономарев А.С. студент гр.Э-22, Иванова Т.Ю. – студент гр.8С-51, Иванов В.М. - профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Зоны децентрализованного энергоснабжения и не электрифицированные зоны составляют около 2/3 территорий России, на которых проживает около 20 млн. человек. Данная проблема актуальна и для энергетики Алтайского края и республики Алтай. Многие потребители находятся в отдалении от центральных электрических сетей, а именно фермеры, полевые станы, туристические комплексы, предприятия лесопромышленного комплекса и т.п. В горных районах активно развиваются рекреационные зоны, строятся новые туристические комплексы. А существующий дефицит генерирующих мощностей не позволяет удовлетворить их потребности в энергии. Большая часть потребителей на данных территориях получает электроэнергию от автономных энергетических систем.

Решить данные проблемы можно за счет внедрения автономных энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии, широко используемых в странах ЕС. [1-3].

Для республики Алтай наиболее перспективным направлениям использования возобновляемых источников являются освоение гидроэнергетического, солнечного, ветроэнергетического потенциалов и местных видов топлива. При этом освоение гидроэнергетического потенциала республики за счет использования автономных гидроэнергоустановок способно в значительной степени уменьшить дефицит электроснабжения удаленных существующих энергосистем сельских районов, а также районов с одноцепными и радиальными физически изношенными линиями электропередачи.

Коллектив кафедры теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения (ТГиВВ) на протяжении многих лет успешно занимается созданием и внедрением автономных гидроэнергетических установок на территории Алтайского края и республики Алтай.

В республике Алтай на притоке реки Саратанка в Международном детском туристическом лагере «Кох-Таман», находящемся в 15 км от села Саратан Улаганского района, была установлена микро-ГЭС с осевой гидротурбиной. Основные технические характеристики установленной микро-ГЭС: мощность 4,5 кВт, расход 0,1 м<sup>3</sup>/с, напор 10 м, напряжение фазное – 230 В, частота 50 Гц, общий КПД 50 % [4-6].

Срок окупаемости установленной микро-ГЭС составил 2 года, а стоимость строительства 1 кВт установленной мощности около 60 тыс. рублей. Высокие технико-экономические показатели микро-ГЭС достигнуты за счёт применения оригинальных конструкторских решений авторов, защищенные патентами РФ на изобретения и полезные модели [5 – 8].

В настоящее время коллективом авторов разработан проект микро-ГЭС с водоналивным колесом диаметром 2 м, шириной 1,35 м для электроснабжения посёлка Аргут Кош-Агачского района республики Алтай. Водоналивное колесо было изготовлено ранее владельцем микро-ГЭС (рисунки 1 и 2). В связи с отсутствием водоудерживающего элемента и боковых стенок вода сразу же сливалась с лопаток не задерживалась на них, поэтому работала только верхняя четверть колеса, общий КПД очень низкий, всего 20%.



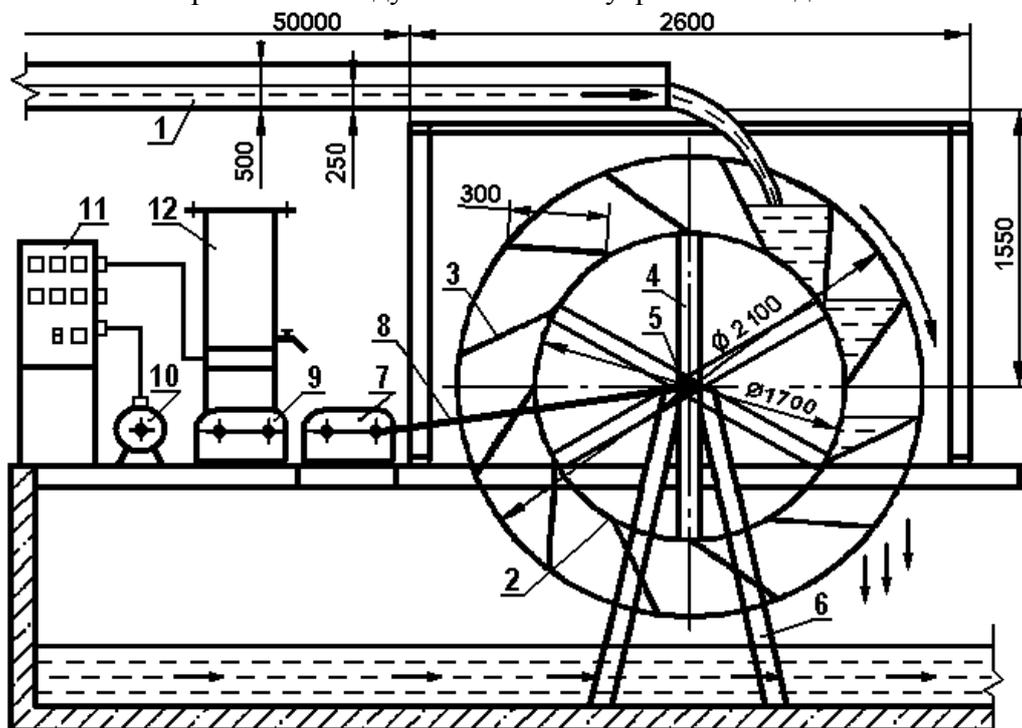
Рисунок 1 – Фото водоналивного колеса и подводящего лотка (вид сбоку)



Рисунок 2 – Фото водоналивного колеса и подводящего лотка (вид сзади)

Для электроснабжения посёлка Аргут Кош-Агачского района авторами была разработана на основе существующего водоналивного колеса и водоподводящей системы микро-ГЭС. Разработанная схема микро-ГЭС представлена на рисунке 3.

Работа микро-ГЭС осуществляется следующим образом. Вода из реки подаётся по деревянному, облицованному профнастилом лотку 1 (шириной 1 м, высотой 0,5 м и длиной 50 м) сверху на водоналивное колесо 2. Максимальный расход воды  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ . Колесо имеет 12 лопаток. Лопатки 3 закреплены между внешним и внутренним ободом колеса.



1 – водоподводящий лоток; 2 – водоналивное колесо (диаметр 2 м, ширина 1,35 м); 3 – лопатки (12 шт.); 4 – спицы (12 шт.); 5 – вал водоналивного колеса; 6 – опоры (2 шт.); 7 – редуктор; 8 – карданный вал; 9 – редуктор; 10 – асинхронный двигатель 5,5 кВт, 1500 об/мин; 11 – блок управления электрической нагрузкой (БАУЭН – 2); 12 – электродвигатель  
Рисунок 3 – Схема микро-ГЭС с водоналивным колесом для посёлка Аргут

Внешний обод изготовлен из изогнутой трубы, а внутренний представляет собой сплошной металлический барабан. Между лопатками и барабаном образуются карманы в которые заливается вода. Под действием силы тяжести, воздействующей на лопатки, колесо поворачивается. На нём создаётся вращательный момент, который через спицы 4 (их 12 штук) передаётся на вал водоналивного колеса 5. Вал закреплён на подшипниках в опорах 6 (их 2 шт.) Он соединён с редуктором 7 с помощью карданного вала 8. Редуктор 7 соединён с редуктором 9, последний соединён с асинхронным электродвигателем (5,5 кВт, 1500 об/мин), который используется в качестве генератора. Генератор возбуждается и регулируется, разработанным авторами блоком автоматического управления электрической нагрузкой (БАУЭН-2) 11. Использование асинхронных двигателей экономичнее, чем синхронных. Избыточная мощность сбрасывается на 3-х фазный электродвигатель 12 ( $U = 220 \text{ В}$ ;  $N = 4,5 \text{ кВт}$ , по 1,5 кВт на каждой фазе.). БАУЭН-2 имеет на наружной панели 3 вольтметра, 3 амперметра, частотомер и кнопку «пуск – стоп» полезной нагрузки, а на боковой панели 3 трехфазные розетки для подключения генератора, полезной и балластной нагрузки в виде электродвигателя. Кроме этого, на боковой панели для пусконаладочных работ установлено 6 однофазных розеток (3 – для контроля полезной нагрузки и 3 для контроля балластной нагрузки). Отработанная вода сливается в отводящий канал, далее обратно в реку, вниз по течению.

Мощность микро-ГЭС по измеренным в натуре данным определяется по формуле, кВт:

$$N = \eta \rho g H Q,$$

где  $\eta$  – КПД;  $\rho$  – плотность воды,  $\text{кг/м}^3$ ;  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;

$H$  – высота от излива воды до уровня воды в отводящем канале, приблизительно равным диаметру колеса, м;

$Q$  – расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

$$N = 0,2 * 1000 * 9,81 * 2,5 * 1 = 4906 \text{ Вт} = 4,9 \text{ кВт}.$$

Выводы. Как показывает практика, микро-ГЭС на диапазоны водотоков с напорами от 1 м до 6 м и расходами от  $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $3,0 \text{ м}^3/\text{с}$  на основе водоналивных колес и асинхронных электродвигателей, используемых в качестве генератора, с блоком автоматического управления электрической нагрузкой являются более эффективными техническими решениями, позволяющими успешно конкурировать с другими энергоустановками для электроснабжения автономных потребителей малой мощности.

Применение микро-ГЭС с осевыми гидротурбинами в случае вышеуказанных диапазонов водотоков значительно дороже.

Список использованных источников:

1. Иванов В.М. Состояние электроэнергетики России и проблемы электроснабжения потребителей в удаленных и децентрализованных районах / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, С.Г. Пчелинцев, П.В. Рожков // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета – Ставрополь, 2012. – № 2 (31). – С. 54 – 57

2. Сёмкин Б.В., Бахтина И.А., Степанова П.В., Ильиных С.В. Перспективы автономной энергетики в Алтайском крае. Современные проблемы электроэнергетики – Алтай-2013. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ. 2013. – С. 93 – 96

3. Бахтина И.А., Белицын И.В., Гизбрехт О.П. Определение основных критериев эффективности автономных энергоустановок. Современные проблемы электроэнергетики. Алтай – 2014 (Электронный ресурс): сборник статей II Международной научно-технической конференции/ Алт.гос.техн.ун-т им.И.И.Ползунова. 2014. – С. 19 – 28

4. Бахтина И.А. Экспериментальные исследования микро-ГЭС с осевой гидротурбиной на гидравлическом стенде / И.А. Бахтина, В.М. Иванов, С.В. Ильиных и др. // Ползуновский Вестник, 2013. Вып 4-2. – С. 12 – 19.

5. Патент на изобретение № 2371602. Осевая гидротурбина / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, А.А. Блинов.- Заявка № 2008100434/06; Заявл. 09.01.2008; Оpubл. в Б.И., 27.10.2009, № 30.

6. Патент на полезную модель № 94288. Осевая гидротурбина / В.М.Иванов, Т.Ю.Иванова, Е.П.Жданов. Заявка №2009148247; Заявл.24.12.09 г.; Оpubл. в Б.И., 20.05.10 г., Бюл. № 14.

7. Патент на полезную модель № 95560. Устройство для выработки электрической энергии из энергии воды / В.М. Иванов, Б.В. Сёмкин, Т.Ю. Иванова, Г.О. Клейн и др. – Заявка № 2010105722; Заявл.17.02.10. – Оpubл. в Б.И.10.07.10 г. Бюл. № 19.

8. Патент на полезную модель № 102065. Микро-гидроэлектростанция / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, Г.О. Клейн и др. – Заявка № 2010140030 Заявл. 29.09.10 г.; Оpubл. в Б.И. 10.02.11 г., Бюл. № 4.

### МИКРО-ГЭС С ВОДОНАЛИВНЫМИ КОЛЕСАМИ

Дурдыев М. – студент гр.Э-22, Иванова Т.Ю. – студент гр.8С-51,

Иванов В.М.- д.т.н., профессор

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

Проблемы экологии и дефицита энергоносителей, характерные для нашего времени, дают новый толчок развитию малой гидроэнергетики во всем мире, поскольку малая гидроэнергетика является наиболее экономичным и экологически безопасным способом получения электроэнергии [1-8].

Реализация региональных программ и проектов малой гидроэнергетики в России открывает новые возможности как для развития российских технологий и индустрии, так и для проникновения европейского опыта и оборудования на российский рынок.

Малая энергетика получила развитие в мире в последние десятилетия, в основном из-за стремления избежать экологического ущерба, наносимого водохранилищами крупных ГЭС, из-за возможности обеспечить энергоснабжение в труднодоступных и изолированных районах. Особенно актуальна данная тема и для России, в которой более 20% населения не имеет централизованного электроснабжения и находится в отдаленных местах. Технико-экономический потенциал малой гидроэнергетики в России определен в размере 60 млрд. кВт-ч в год. Но используется этот потенциал крайне слабо: всего на 1%.

Алтайский край является одним из наиболее перспективных регионов России в развитии малой гидроэнергетики. Алтайский край обладают значительными гидроэнергетическими ресурсами, на пример на их территории протекает 17085 рек общей протяженностью 51004км, 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. Актуальным и наиболее оптимальным решением проблем энергоснабжения таких комплексов является использование микро- и мини-ГЭС. Внедрение микро- и мини-ГЭС позволит получать электроэнергию за счет использования потенциала малых рек и водотоков, улучшать условия жизни и работы людей, решать социальные проблемы, снизить экологический ущерб окружающей среде по сравнению с другими автономными источниками электроэнергии.

В нынешних условиях создание микро- и мини-ГЭС экологически и экономически целесообразно и перспективно со следующих позиций:

- водохранилища микро- и мини-ГЭС не препятствуют процессам водообмена в речных системах и, напротив, способствуют перемешиванию водных масс и их аэрации;

- 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;

- микро- и мини-ГЭС быстрее строятся и окупаются, несмотря на то, что стоимость кВт установленной мощности на них выше, чем на средних и больших ГЭС;
- эксплуатация микро- и мини-ГЭС экономит органическое топливо и не зависит от ситуации на рынке топлива, стоимость которого в России продолжает расти;
- микро- и мини-ГЭС могут работать и в составе объединенных энергосистем в качестве надежного маневренного источника энергии.

Описанные в литературе варианты ГЭС в качестве преобразователя энергии водяного потока в механическую энергию вращательного движения вала генератора в той или иной степени используют все типы гидротурбин: осевые (пропеллерные и поворотно-лопастные), радиально-осевые, диагональные и ковшовые турбины, а также с горизонтальной, вертикальной и наклонной осями вращения, которые наиболее эффективны при определенных значениях напора и расхода (рисунок 1). Среди низконапорных гидротурбин распространены два вида: поворотно-лопастные и пропеллерные. При оптимальных напоре и расходе воды максимальный КПД гидротурбин равен 85-90%. Отклонение расхода воды от оптимального значения резко снижает КПД гидротурбины. Степень зависимости КПД от расхода воды уменьшается при введении подвижных лопаток направляющего аппарата (для поворотно-лопастных гидротурбин) [9].

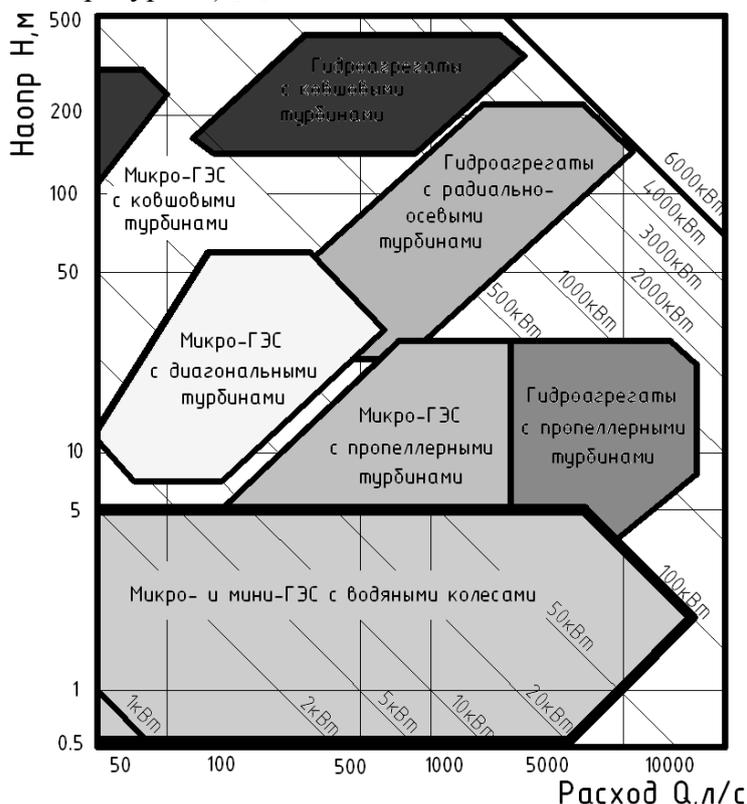
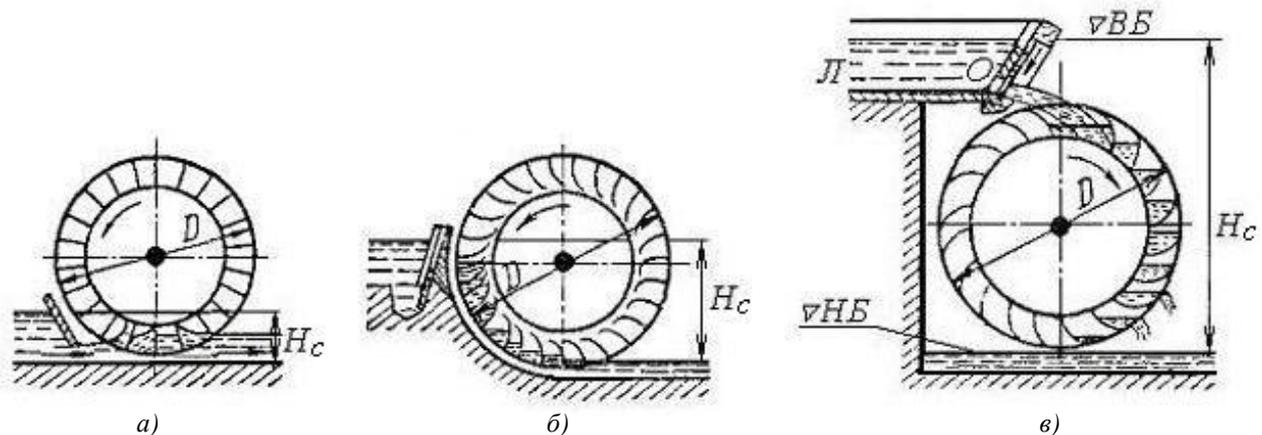


Рисунок 1- График эффективного использования различных типов напорных гидротурбин и водоналивных колес (по данным ЗАО «МНТО «ИНСЭТ» [10,11])

Однако низконапорные гидротурбины имеют сложную конструкцию и могут изготавливаться только на специализированных предприятиях и, как следствие, имеют высокую стоимость.

Практически возле каждой реки, протекающей на территории Алтайского края, расположены несколько малых населенных пунктов, туристических комплексов, фермерских хозяйств и других объектов коммерческой инфраструктуры, которые испытывают острую потребность в электроэнергии, так как часто находятся в отдаленных и труднодоступных районах и 20% из них не имеют централизованного энергоснабжения. Однако строительство

и внедрение любой ГЭС ( микро- или мини-), в состав которой входит водозаборное устройство, водоподводящая и водоотводящая системы, запорная аппаратура, гидротурбина, система автоматического управления (САУ), все это увеличивает стоимость проекта, которое не под силу представителям мелкого и среднего предпринимательства, к которым можно отнести вышеперечисленные объекты. Одним из возможных решений проблемы энергоснабжения данных объектов является внедрение гидроэнергетических установок малой мощности на базе водоналивных колес, основные типы которых показаны на рисунке 2.



$H_c$  - статический напор;  $\nabla BB$  - отметка верхнего бьефа;  $\nabla NB$  - отметка нижнего бьефа;  $O$  - выпускное отверстие;  $L$  - лоток для подвода воды;  $D$  - диаметр колеса  
Рисунок 2- Схемы основных типов водяных колес: *а* – нижненаливное (нижнебойное), *б* – средненаливное (среднебойное), *в* – верхненаливное (верхнебойное)

Водоналивное колесо (ВК) проектируется на определенные значения напора ( $H$ , м) и расхода ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с) водотока, которые связаны между собой соотношением:

$$N_K = \eta_K \rho g H Q \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

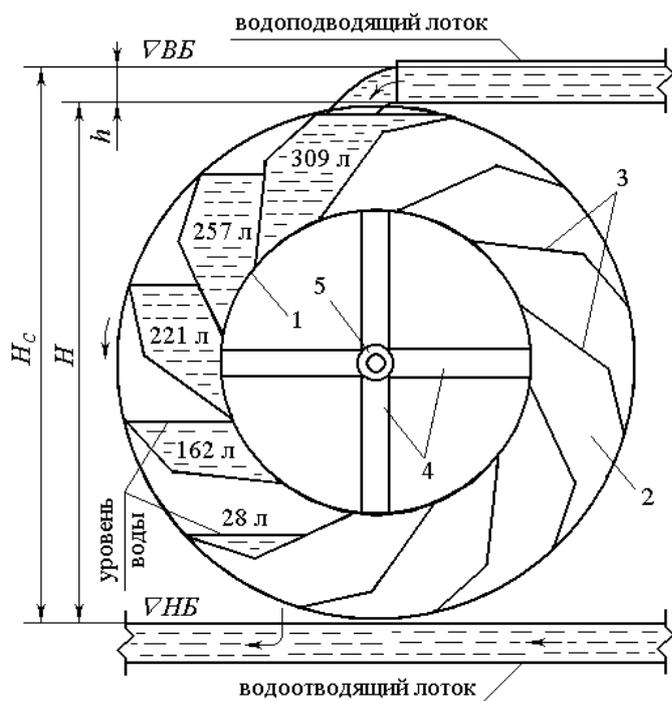
$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\eta_K$  - гидравлический КПД ВК (50%).

Разнообразное сочетание напоров и расходов водных потоков, с одной стороны, и потребность создания ВК различной мощности, потребовали создания гидравлической расчетной модели. При создании расчетной модели ставилась задача не только определения геометрических размеров водоналивного колеса и основных параметров работы, но оптимизации конструкции для увеличения вырабатываемой электроэнергии без значительных материальных затрат и с высоким КПД установки.

На рисунке 3 представлены разрез по оси водовода и расчетная схема наполнения водоналивного колеса, которая имеет следующие геометрические параметры: диаметр колеса  $D=3$  м, ширина колеса  $l=1$  м, внутренний радиус кольцевых боковин  $R_2=0,9$  м, количество лопаток  $Z=12$ , разработанного для микро-ГЭС мощностью 15 кВт. Причем ширина колеса  $l$ , внешний радиус  $R_1$  и внутренний радиус  $R_2$  выбираются с учетом напора  $H$  на участке установки водоналивного колеса и расхода воды  $Q$ .

Использование современных технологий и материалов позволяет повысить КПД водоналивных колес до 90%, что делает их конкурентоспособными с низконапорными гидротурбинами, а в некоторых случаях предпочтительным их применение. Достоинством водяных колес является простота конструкции, высокие эффективность и надежность, низкая стоимость. Для их изготовления не требуется сложного дорогостоящего оборудования. Водоналивные колеса могут работать при небольших напорах (от 0,5 м) и расходах (от 0,03 до 5 м<sup>3</sup>/с) [12,13].



$H_c$  – статический напор;  
 $H$  – рабочий напор;  
 $\nabla ВВ$  – отметка верхнего бьефа;  
 $\nabla НБ$  – отметка нижнего бьефа;  
 $h$  - уровень воды в водоподводящем лотке;  
 1 – обод;  
 2 – кольцевые боковины;  
 3 – лопатки;  
 4 – спицы;  
 5 – ступица.

Рисунок 3 - Расчетная схема наполнения водоналивного колеса диаметром 3 м и шириной 0,88 м

В России практически не используется огромный гидроэнергетический потенциал водотоков с напорами от 1 до 6 м и мощностью до 100 кВт. Применение микро-ГЭС на основе водоналивных колес позволит использовать этот потенциал для электроснабжения автономных сельскохозяйственных потребителей небольшой мощности, горных туристических комплексов и баз отдыха. Такие микро-ГЭС можно устанавливать последовательно друг за другом каскадным методом. Работая в единой гидравлической системе, они используют несколько раз расход воды, предназначенный для колеса первой микро-ГЭС. Желательно использовать европейский опыт, накопленный в этой области [14].

Список использованных источников:

1. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – М. – Берлин: Директ-Медиа, 2014. – 229 с. Доступ из ЭБС «Университетская библиотека online» [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=257750](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=257750)
2. Оценки ресурсов возобновляемых источников энергии в России: учебное пособие / Ю.С.Васильев и др.. - СПб.: Издательство СПбПУ, 2008. – 154 с.
3. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива. / показатели по территориям / Под. Ред. П.П. Безруких – М.: «ИАЦ Энергия», 2007. – 272 с. – Доступ из ЭБС «Университетская библиотекаonline» [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=58342](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=58342)
4. Мазур И.И. Энергия будущего: научное издание/ И. Мазур. – М.: ЕЛИМА, 2006. – 823 с.
5. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. Автор/создатель: Городов Р.В., Губин В.Е., Матвеев А.С. <http://window.edu.ru/resource/549/75549>
6. Обозов А.Дж., Ботпаев Р.М. Возобновляемые источники энергии <http://www.twirpx.com/file/857388/>
7. Возобновляемые источники электроэнергии. Учебное пособие. Автор: Лукутин Б.В. [http://www.takelink.ru/knigi\\_uchebniki/nauka\\_obrazovanie/178666-vozobnovlyaemye-istochniki-elektroenergii-uchebnoe-posobie.html](http://www.takelink.ru/knigi_uchebniki/nauka_obrazovanie/178666-vozobnovlyaemye-istochniki-elektroenergii-uchebnoe-posobie.html)

8. Возобновляемые и вторичные источники энергии. Учебное пособие. Автор: Житаренко В.М. <http://book.tr200.net/v.php?id=3234833>
9. Лукутин Б.В., Обухов С.Г., Шандарова Е.Б. Автономное электроснабжение от микрогидроэлектростанций. – Томск: СТТ. – 2001. – 120 с.
10. Свит П.П., Семкин Б.В., Иванов В.М., Родивилина Т.Ю. Низконапорные микро-ГЭС с автобалластным регулированием (сфера эффективного применения, расчет, конструирование и эксплуатация) - Алт.гос.техн.ун-т им.И.И.Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. – 160 с.
11. Иванов В.М. Перспективы и технические возможности использования малых ГЭС в Северо-Кавказском федеральном округе [Текст]: монография /Т.Ю.Иванова, А.И.Воронин, С.Г.Пчелинцев, П.В.Рожков.- Ставрополь: СевКавГТУ, 2012. – 251с.
12. Патент на изобретение РФ №2306453 «Устройство для преобразования энергии воды в электроэнергию»/ В.М. Иванов, Т.Ю. Родивилина, Б.В.Сёмкин и др.- Заявка № 2005133292; Заявл. 28.10.2005; Опубл. в Б.И., 10.05.2007, № 30.
13. Патент на полезную модель РФ №76397 «Гидроэнергетическая установка малой мощности»/ А.П.Масло, В.М. Иванов, Т.Ю. Родивилина, А.А. Блинов.- Заявка № 2007103329; Заявл. 26.01.2007; Опубл. в Б.И., 20.09.2008, № 26.
14. Gerald Muller, Klemens Kauppert. Old watermills – Britain's new source of energy? // New civil engineer international. – 2003, March. – P. 20-28.

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА (МИНИ-ГЭС), ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ СТОЧНЫЕ ВОДЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА БАРНАУЛА  
Крейк М.А. – студент гр.Э-22, Иванова Т.Ю. – студент гр. 8С-51, Осипова М.А. – доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Для повышения эффективности работы предприятий необходимо решать вопрос об энергосбережении. Как показывает европейский опыт, самым доступным способом получения электроэнергии является строительство мини-ГЭС.

Решение о строительстве на предварительно очищенных сточных водах канализационных очистных сооружений №1 (КОС-1) города Барнаула утилизационной гидроэнергетической установки (мини-ГЭС) с блоком УФ-обеззараживания стоков перед сбросом их в реку Обь одобрено администрацией Алтайского края и было включено в целевую Программу оздоровления систем водоснабжения и канализации города Барнаула на 2003-2008 годы. Однако по ряду причин оно не было осуществлено.

В последние годы ситуация стала заметно меняться. В 2014 году запущена утилизационная гидроэнергетическая установки мощностью 1000кВт, использующая сточные воды очистных сооружений города Томска, посёлок Орловка, ЗАТО Северск. Разработки микро- и мини-ГЭС, в том числе использующих сточные воды, в настоящее время являются актуальными. На совещании Администрации Алтайского края по промышленности и энергетике от 19.02.2016г. одобрено строительство утилизационной гидроэнергетической установки (мини-ГЭС), использующей сточные воды канализационных очистных сооружений №1 (КОС-1) города Барнаула. В настоящее время очищенные сточные воды сбрасываются с высоты 43 м в реку Обь в количестве 2,2 м<sup>3</sup>/с. Это колоссальная энергия, которую можно использовать.

Строительство мини-ГЭС, использующей сточные воды канализационных очистных сооружений №1 (КОС-1), позволит создать местный надёжный источник дешевой электроэнергии, обеспечивающий значительное снижение производственных затрат КОС-1. Вместе с оптимизацией работы систем водоотведения города Барнаула, ожидается значительный экономический эффект за счет экономии электроэнергии. Расчетная установленная мощность мини-ГЭС составит – 470 кВт, годовая выработка – 4034,950 тыс.кВт.ч/год. [1].

В состав любой мини-ГЭС входит водозаборное устройство, водоподводящая и водоотводящая системы, запорная аппаратура, гидродвигатель, электромашинный генератор, система автоматического управления выходными параметрами генератора. В качестве гидродвигателя авторами тезисов была разработана радиально-осевая гидротурбина с проточной частью, выполненной из стандартных трубных, которая будет работать за счет гидравлической энергии сточных вод КОС-1 города Барнаула. Но прежде чем установить гидротурбину на сбросных трубопроводах КОС-1 следует определить режим движения жидкости и гидравлические потери в проточной части гидротурбины [2].

Гидротурбина представляет собой совокупность множества гидравлических сопротивлений, каждое из которых характеризуется собственным коэффициентом гидравлического сопротивления  $\zeta$ . Все эти сопротивления можно выразить через один коэффициент сопротивления  $\zeta_{\text{турбины}}$ . Однако из-за того, что в спроектированной гидротурбине есть трубные элементы разного диаметра и длины, а так же другие сложные участки, взаимн влияющие друг на друга, то получить  $\zeta_{\text{турбины}}$  простым суммированием коэффициентов  $\zeta$  частей турбины не получится.

Необходимо произвести предварительные расчеты для определения потерь напора, но так как проточная часть гидротурбины имеет достаточно сложную геометрическую форму, разделим ее на 12 участков (рисунок 1), при этом расхождение между натурой и расчетной моделью по геометрическим параметрам составит 5%.

Основными условиями для предварительного расчета является следующее:

- Расход на каждом участке считаем постоянным = 1/12 от исходного, т.е. на каждом последующем участке расход меньше, чем на предыдущем на 1/12 общего.
- Диаметр на каждом участке считаем постоянным, равным среднему арифметическому диаметров в начале и конце участка.
- Длину участка находим как среднее арифметическое верхней и нижней грани.
- Диаметр элементов спиральной камеры гидротурбины меняется от 540 мм до 200 мм плавно.

При расчете потерь напора в одном элементе (рисунок 2) улитки учитываем:

- 1) потери по длине. Считаем, что при движении воды по улитке энергия тратится на трение жидкости о стенки улитки. При расчете берем средний диаметр и длину на участке.
- 2) потери при повороте. Поворот считаем плавным.
- 3) потери в конфузоре.
- 4) потери при радиальном входе в турбину, через щелевой зазор, образованный кольцами статора.

Исходя из расчетной схемы, сопротивлениями в улитке будут (по порядку):

- внезапное расширение (переход из 400 трубы в 500);
  - потери по длине (участок длиной 0,8 м);
  - участок 1-12:
  - потери при движении в плоском кольце;
  - потери при внезапном сужении диаметра с 840 мм (диаметр колеса) до 420 мм (диаметр отводящих колен). Колен 2, поэтому расход следует делить пополам;
  - потери в отводящих коленах (поворот 180°). Колен 2, расход делим пополам, потери в обоих коленах одинаковы, равны суммарным потерям;
  - прямой поворот 90 градусов (выход из отводящих колен в трубопровод). Расход берем 1/2 от общего (колен 2). Для прямого поворота коэффициент  $\zeta=1,265$  (стальные трубы);
- На основе вышеизложенной методики выведем коэффициент  $\zeta$  для улитки.

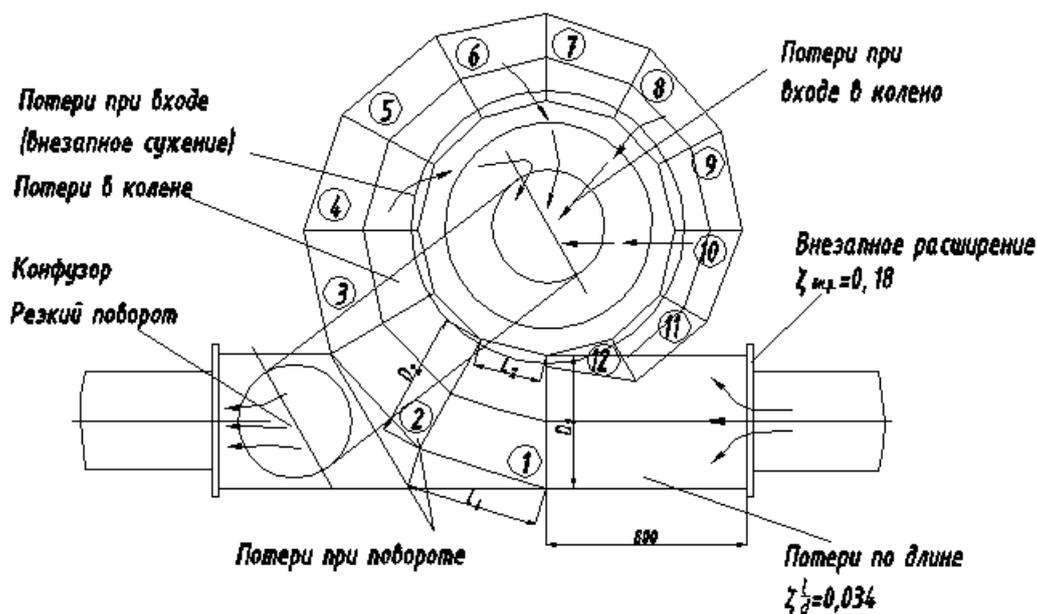


Рисунок 1 - Расчетная схема гидротурбины

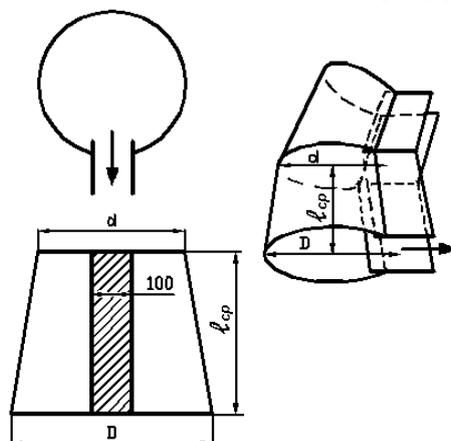


Рисунок 2 - Радиальный вход в гидротурбину

На основании вышеуказанных условий можно сделать вывод, что расчетной формулой для определения потерь напора в улитке является:

$$h = 76 \cdot \frac{v^2}{2g}$$

где  $\zeta_{турбины}=76$  - коэффициент гидравлического сопротивления турбины.

В дальнейшем авторами планируется произвести сравнение расчетной методики для идеальной улитки и для реальной улитки, а так же сравнение расчитанной реальной улитки с экспериментальными данными.

Список использованных источников:

1. Сидоренко Г.И., Кудряшева И.Г., Пименов В.И. Экономика установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Техничко-экономический анализ: Учебное пособие/Под общ. ред. В.В.Елистратова и Г.И.Сидоренко. - СПб.: Изд-во политехн.ун-та, 2008.-248 с.

2. Патент на изобретение РФ №2306452 «Гидротурбина»/ В.М. Иванов, Т.Ю. Родивилина, Б.В.Сёмкин и др.- Заявка № 2005133291; Заявл. 28.10.2005; Опубл. в Б.И., 10.05.2007, № 30.

## РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ ОПЫТА СТРАН ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

Надыров И.Ф. – студент группы Э-22, Сокольников Е.В., Чашников Г.А. – студенты  
группы Э-32, Бахтина И.А. – к.т.н., доцент

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

Рост тарифов на электроэнергию, ужесточение экологических требований и тенденция автономного энергообеспечения заставляет всё шире применять в системах электроснабжения зданий фотоэлементы, преобразующие солнечную энергию в электрическую. Расширение использование возобновляемых источников энергии связано также с реализацией Федерального закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности».

В сравнении с другими возобновляемыми источниками энергии солнечная энергетика развивается наиболее быстрыми темпами. Большой скачок в развитии фотоэлементов произошел во время нефтяного кризиса 1973-74 гг., когда сразу несколько стран запустили программы по использованию фотоэлементов, что привело к установке и опробованию свыше 3100 фотоэлектрических систем только в Соединенных Штатах. Многие из них до сих пор находятся в эксплуатации.

Согласно программам развития электроэнергетики, Европейский Союз поставил своей целью удвоить долю возобновляемых источников энергии к 2010 г. Одним из важных компонентов является производство 1 млн. фотоэлектрических систем (500000 встроенных в крыши зданий и экспорт 500000 сельских систем) общей установленной мощностью 1 ГВт. Фирма «BP Amoco» (один из мировых лидеров продаж нефтепродуктов) собирается использовать солнечную энергию на 200 своих новых станциях обслуживания в Британии, Австралии, Германии, Австрии, Швейцарии, Нидерландах, Японии, Португалии, Испании, Франции и США. Программа стоимостью 50 млн. долларов включает в себя применение 400 солнечных панелей, общей мощностью 3,5 МВт и снижение выбросов углекислого газа на 3500 тонн ежегодно. Благодаря этому проекту «BP Amoco» станет одним из крупнейших в мире потребителей солнечного электричества, а также одним из крупнейших производителей солнечных элементов и модулей. Солнечные панели будут вырабатывать больше электричества, чем нужно для освещения и водяных насосов, поэтому система будет подключена к сети. Днем излишек электроэнергии будет подаваться в сеть, а ночью из нее будет пополняться недостаток энергии. Мировой рынок фотоэлементов к 2010 году должен составить 1000 МВт, а к 2050 г. – 5 млн. МВт, если верить прогнозу президента компании «BP Solar».

Германия стоит на первом месте по использованию солнечных батарей, хотя не отличается большим количеством солнечных дней. Ассоциация промышленности солнечной энергетики (SEIA) опубликовала исследование, подготовленное группой Brattle Group. В нем проводится глубокий анализ программ поддержки солнечной энергетики в Германии, а также приводятся те преимущества, которые другие страны могут получить в долгосрочной перспективе, воспользовавшись полученными уроками.

В настоящее время в Германии установлены солнечные генераторы энергии общей мощностью 35 ГВт, что составляет почти 7 процентов общей электроэнергии, генерируемой в стране. В ближайшем будущем, этот показатель возрастет до 52 ГВт.

Основываясь на опыте стран Европейского Союза в области использования фотоэлементов, можно выявить и некоторые тенденции в расширении их использовании в нашей стране.

В настоящей работе разрабатывается автономная система энергоснабжения трехэтажной гостиницы в городе Сочи с помощью фотоэлементов.

Все фотоэлектрические системы (ФЭС) можно разделить на два типа: автономные и соединенные с электрической сетью. Станции второго типа отдают излишки энергии в сеть, которая служит резервом в случае возникновения внутреннего дефицита энергии.

Автономная система в общем случае состоит из набора солнечных модулей, размещенных на крыше или фасаде здания, аккумуляторной батареи (АБ), контроллера разряда – заряда аккумулятора, соединительных кабелей. Для получения переменного напряжения к комплексу добавляется инвертор – преобразователь постоянного напряжения в переменное (рисунок 1).

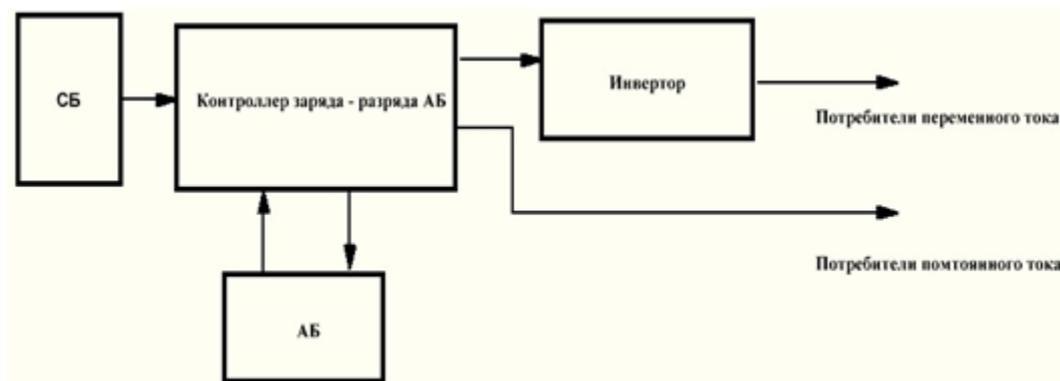


Рисунок 1 – Структурная схема автономной ФЭС

Под расчетом ФЭС понимается определение номинальной мощности модулей, их количества, схемы соединения; выбор типа, условий эксплуатации и емкости АБ; мощностей инвертора и контроллера заряда – разряда; определение параметров соединительных кабелей.

В настоящей работе для автономного энергоснабжения гостиницы определено основное оборудование, использующее электроэнергию, рассчитана суммарная (расчетная) мощность всех потребителей, подключаемых одновременно, и определена номинальная мощность солнечных модулей (6990 Вт) и принят к исполнению инвертор SMA Sunny Tripower 10000TL. Также выбрано необходимое оборудование: аккумуляторные батареи емкостью 2693,6 А·ч; сечение кабеля, соединяющего инвертор и аккумуляторные батареи; мощность и количество модулей фотоэлектрической системы.

## СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ. АНАЛИЗ ОПЫТА ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРАНАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИИ

Барченко Н.И. – студент группы Э-22, Кудишин А.А. – студент группы Э-32,

Бахтина И.А. – к.т.н., доцент

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

Промышленность и наука стремятся создавать машины и механизмы менее энергоёмкими и с более высоким КПД. Это позволяет правильнее распоряжаться имеющимися природными ресурсами. Но наиболее целесообразным в данный момент является использование технологий связанных с возобновляемыми энергоресурсами. Из них Солнце – самый доступный и неисчерпаемый из всех источников энергии, которые природа дарит человеку. Возможности использования экологически чистой, повсеместно доступной возобновляемой солнечной энергии сегодня привлекают все большее внимание. Рациональным результатом такой политики является использование энергии солнца непосредственно коллекторами. Ведь использование солнечных коллекторов в существующих системах – это уже не будущее, а реальное настоящее. Почти во всех странах Евросоюза, Юго-Восточной Азии, Латинской Америки, а также в США, Японии, Китае, Австралии проводятся мероприятия по внедрению систем солнечного теплоснабжения и

энергообеспечения. В Европе, Америке, Австралии и других регионах солнечные коллекторы в инженерные системы дома стали обычным атрибутом инженерных систем здания. Особенно впечатляют успехи солнечной теплоэнергетики в Европе, где ежегодный прирост оборота отрасли в течение последних десяти лет составлял 11 – 12 %. Общая площадь солнечных коллекторов, установленных к настоящему времени в европейских странах, составляет более 11 млн. м<sup>2</sup>, а в среднем по странам Европейского сообщества – 26 м<sup>2</sup> на 1000 жителей.

Мировой опыт показывает, что солнечные системы теплоснабжения могут быть эффективными и надежными для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и общественных зданий, подогрева воды в бассейнах и даже солнечного кондиционирования и опреснения воды (таблица 1). Под солнечным теплоснабжением понимается использование солнечной энергии для обеспечения горячего водоснабжения и отопления в жилищно-коммунальной, бытовой или производственной сферах.

Таблица 1 – Производство тепла с использованием солнечных коллекторов в Европейском союзе в 2009 г., МВт

№ п/п	Название страны	Количество произведенного тепла	№ п/п	Название страны	Количество произведенного тепла
1	Германия	9,030	6	Испания	1,306
2	Австрия	3,031	7	Голландия	542
3	Греция	2,853	8	Кипр	49
4	Италия	1,410	9	Чехия	360
5	Франция	1,396	10	Польша	357

Режимы работы солнечных установок следующие:

- 1) участие в покрытии нагрузки отопления и горячего водоснабжения (ГВС) (режим теплоснабжения);
- 2) участие в покрытии нагрузки только ГВС в течение всего года (режим круглогодичного горячего водоснабжения);
- 3) участие в покрытии нагрузки только ГВС и только в неотапительный период (режим сезонного горячего водоснабжения).

Первые два режима требуют исполнения установки по двухконтурной схеме, когда в первом коллекторном контуре теплоносителем является антифриз, а тепло к потребителю в бак-аккумулятор отводится через теплообменник. Сезонные установки могут быть и одноконтурными, заполненными водой.

Для оценки конкретных схем солнечных систем, необходимо уточнить, пригодны ли вообще климатические условия России для их создания и развития и какие комплексы наиболее перспективны в наших условиях.

Анализ расчетных результатов, позволяет сделать следующие выводы по применению солнечных установок в России.

При использовании солнечной установки в режиме теплоснабжения, то есть при участии ее в покрытии нагрузки отопления и ГВС, площадь солнечного коллектора должна составлять не менее 0,4 от отапливаемой площади для достижения коэффициента замещения годовой тепловой нагрузки по большинству пунктов 0,25 – 0,40. В этом режиме удельная среднегодовая теплопроизводительность установки невелика вследствие недоиспользования ее тепловой мощности в летнее время. Поэтому применение солнечных установок в данном режиме в большинстве районов России (ее европейской части, Западной и Средней Сибири) нецелесообразно.

Использование солнечной установки в режиме круглогодичного ГВС обеспечивает высокие значения удельной теплопроизводительности, следовательно, и удельной годовой экономии топлива, так как в этом режиме тепловая мощность установки используется

наиболее полно. Естественно, что более высокая годовая теплопроизводительность достигается в климатически наиболее благоприятных районах, таких как южная часть европейской территории РФ (южнее Самары), южная часть Западной и Средней Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока. В целом использование солнечных установок в данном режиме с той или иной степенью эффективности может быть рекомендовано повсеместно южнее 60° с. ш. как в европейской, так и в азиатской части России. Рекомендуемая площадь солнечного коллектора составляет при этом 1,0 – 1,5 м<sup>2</sup> на одного человека.

Использование солнечных установок в режиме сезонного ГВС имеет существенное преимущество с точки зрения простоты схемы (используется одноконтурная схема без промежуточного теплообменника, нет необходимости в применении антифриза и т. п.), но связано со снижением удельной теплопроизводительности в сравнении с режимом круглогодичного ГВС. Это снижение, естественно, тем больше, чем короче неотапительный период, то есть время использования установки в годичном цикле. Применение солнечных установок в режиме сезонного ГВС нецелесообразно там, где неотапительный период составляет менее пяти месяцев. Рекомендуемая площадь солнечного коллектора в данном режиме составляет 1 м<sup>2</sup> на одного человека.

Таким образом, на основании анализа материалов, можно сделать вывод, что наиболее применимой в условиях России является солнечная установка, действующая в режиме сезонного или круглогодичного горячего водоснабжения.

## АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В СТРАНАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА И РОССИИ

Кочкин А.А. – студент группы Э-22, Тесля Е.В., Хальтер О.Н. – студенты  
группы Э-32, Бахтина И.А. – к.т.н., доцент

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

Ветроэнергетика в настоящее время является одной из наиболее динамично развивающихся технологий генерации электроэнергии. В отдельных местах с хорошими условиями ветра ветроэлектростанции (ВЭС) уже сейчас экономически выгодны и конкурентоспособны.

Несмотря на глобальный экономический кризис, мощность установленных в 2009 г. ветроустановок составила рекордное значение в 38 ГВт, таким образом, их суммарная мощность в мире составила 159 ГВт.

Лидером рынка ветроустановок в 2009 г. стал Китай, который установил 13,8 ГВт новых мощностей, достиг 25,8 ГВт. США установили в 2009 г. около 10 ГВт, европейский лидер Германия установила 1,9 ГВт, достигнув суммарной мощности 25,8 ГВт. К другим европейским странам, активно развивающим ветроэнергетику, относятся Испания, Италия и Франция. Данные Глобального совета по ветроэнергетике (GWEC), опубликованного в начале февраля 2014 года, свидетельствуют о том, что суммарная мощность ветроэнергетики в мире достигла 318,1 ГВт.

За 2009 г. 27 стран ЕС установили более 10 ГВт установленной мощности ветроустановок, достигнув 75 124,9 МВт, суммарная выработка электроэнергии составила около 131 ТВт·ч (в 2008 г. – 119,7 ТВт·ч).

Оценивая тенденцию развития ветроэнергетики в ЕС, европейские эксперты отмечают заметное превышение целей, определенных в «Белой книге», подготовленной Европейской Комиссией. Так, при установленном в данном документе показателе 40 ГВт фактический показатель ЕС в 2010 г. составил 84,34 ГВт.

В Европейском Союзе по данным Европейской ассоциации ветроэнергетики (European Wind Energy Association, EWEA) общая мощность ветроэнергетических установок составляет 117,3 гигавайт, что по сравнению с предыдущим годом выросла на 10 %. Однако годовой прирост мощности уменьшился по сравнению с 2012 годом,

когда он составил 12 % по сравнению с 2011 г. Ветровые энергоустановки, установленные в ЕС, за год будут производить около 257 млрд. кВт\*ч электроэнергии, что достаточно для покрытия 8 % от общего объема потребления электроэнергии в ЕС (рисунок 1).

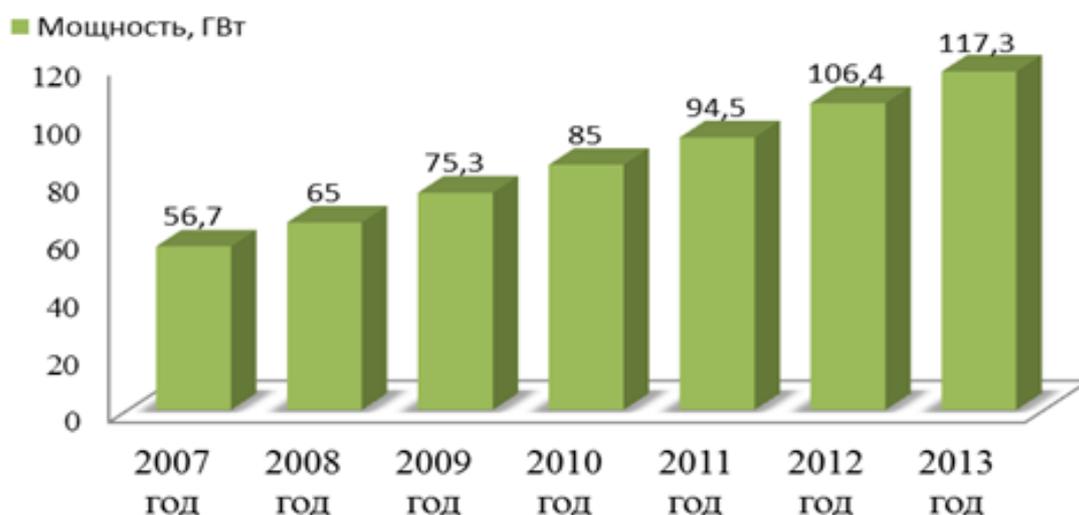


Рисунок 1 – Динамика общей установленной мощности ветроустановок в ЕС

Сегодня лидирующие позиции по доли производства электроэнергии с использованием энергии ветра в Европе принадлежат: Германии (29 %), Испании (20 %), Великобритании (9 %), Франции и Италии (по 7 %). Десять других стран ЕС такие как: Австрия, Бельгия, Дания, Греция, Ирландия, Нидерланды, Польша, Португалия, Румыния и Швеция – имеют более чем 1 ГВт установленной мощности.

Россия имеет более чем скромные показатели роста доли ветроэнергетики. По данным EWEA, суммарная вырабатываемая мощность ветряной энергии в России за 2010 год составила всего лишь 15 МВт, при этом в течении последних трех лет новых мощностей не вводилось (рисунок 2).

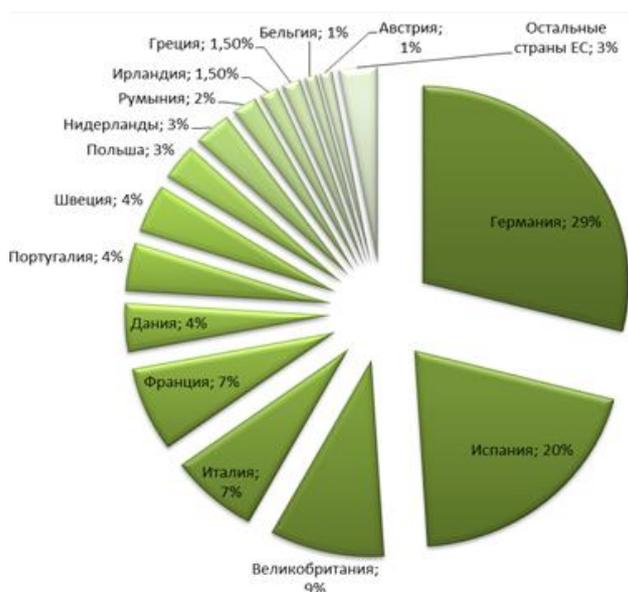


Рисунок 2 – Доля производства ветроэнергетики в ЕС, 2013 г.

В постсоветском пространстве использовано лишь чуть более 0,1 % ветроэнергетической мощности, если точнее – 350 МВт в 2012 году. В России на конец 2012

года было установлено всего 16,8 МВт притом, что по ветроэнергетическому потенциалу Россия занимает второе место среди стран СНГ (таблица 1).

Таблица 1 – Ветроэнергетика постсоветского пространства

Страна	Ветроэнергетический сектор, установленная мощность	Прогнозируемый ветропотенциал, МВт	Установленная мощность энергосектора, МВт
Украина	277,4 (302,4) МВт	16'000	53'549
Россия	16,8 МВт	90'000	223'971
Беларусь	1,9 МВт	1'600	8'025
Армения	2,0 МВт	4'900	3'203
Азербайджан	2,0 МВт	3'000	5'798
Казахстан	2,0 МВт	350'000	19'128
Грузия	10 кВт	2'000	4'538
Таджикистан	5,3 кВт	1'900	4'426
Киргизстан	2 кВт	1'500	3'720
Молдова	0	1'000	1'029
Туркменистан	0	10'000	3'106
Узбекистан	0	4'300	12'551
<b>ВСЕГО:</b>	<b>302,27</b>	<b>486,2 ГВт</b>	<b>343'044 МВт</b>

Такая ситуация обусловлена разными государственными подходами к использованию возобновляемых видов энергии в странах Европейского союза и России.

Ключевая роль в развитии ветроэнергетики в странах Европейского союза принадлежит законодательству о «зеленом» тарифе, по которому государство обязано выкупать всю электроэнергию, произведенную с помощью альтернативных источников. Соответствующий закон был принят 1 апреля 2009 года. Величина тарифа зависит от вида возобновляемого источника и установленной мощности энергогенерирующего объекта, к тому же она «привязана» к курсу евро.

На сегодняшний день для ветротурбины единичной мощностью свыше 2 МВт он составляет 0,113 евро за 1 кВт·ч. Самый высокий «зеленый» тариф в Италии – 0,127 - 0,291 евро за 1 кВт·ч (рисунок 3).

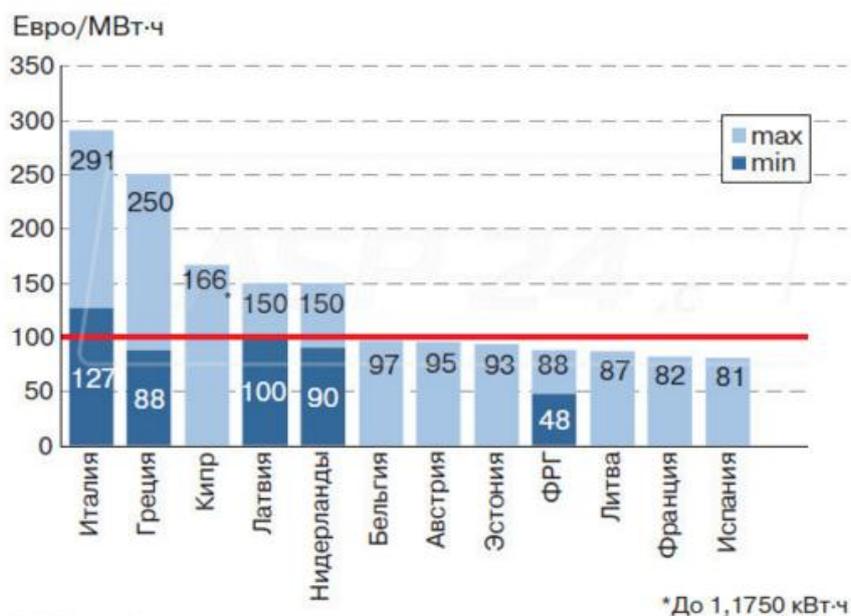


Рисунок 3 – «Зелёные» тарифы в странах Евросоюза

Россия обладает мощным ветроэнергетическим потенциалом и оценивается в 40 млрд кВт·ч электроэнергии в год. Такие районы, как Обская губа, Кольский полуостров, большая часть прибрежной полосы Дальнего Востока, по мировой классификации относятся к самым ветреным зонам. Среднегодовая скорость ветра на высоте 50 – 80 м, где располагаются ветроагрегаты современных ВЭС, составляет 11 – 12 м/с. Существуют также аномальные локальные зоны, в которых ветер значительно сильнее. Это, например, район Владивостока, где воздушные массы устремляются из Приханкайской равнины в разрыв между Северо-Корейскими горами и хребтом Сихотэ-Алинь и далее – по акватории Амурского залива. На островах близ Владивостока среднегодовая скорость ветра на высоте 150 м (50-метровая ВЭС на холме высотой 100 м) не бывает ниже 11 м/с (для континентальной Европы параметр недостижимый).

Несмотря на благоприятные природные условия и большую привлекательность ветроэнергетики, у нас до сих пор нет ни огромных ветропарков, ни единичных ВЭС вокруг сельских поселков и дачных участков. Основная причина – отсутствие инвестиций. В Европе в данной отрасли превалирует народный бизнес. ВЭС строят кооперативы и акционерные общества, причем без всяких государственных дотаций. В России же осуществить дорогостоящие проекты под силу только госструктурам или крупному бизнесу. Предприниматель, отважившийся построить ВЭС или ветропарк в России, неизбежно понесет катастрофические убытки из-за того, что у нас ни на государственном, ни на ведомственном уровне законодатель не определен порядок покупки энергии ВЭС электросетями. Кроме того, возникнут проблемы с землеотводом и многие другие бюрократические преграды.

Поэтому для успешного развития ветроэнергетики в России необходимо государственная поддержка и совершенствование законодательства в области использования возобновляемых источников энергии.

## РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ НАБЕРЕЖНОЙ ГОРОДА БАРНАУЛА

Столков А.С. – студент группы Э-22, Татьянакин В.А. – студент группы Э-32,

Бахтина И.А. – к.т.н., доцент

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

Оптимальный уровень освещенности различных зон пребывания или деятельности людей является необходимым условием для безопасности этих зон. Затраты на обслуживание и электроэнергию уличного освещения составляют в среднем до 10 % от бюджета населенного пункта. Это объясняется как неоптимальным режимом работы, так и неэффективным оборудованием. Кроме того, существенным недостатком централизованных систем освещения является необходимость прокладки силовых кабелей, что приводит к удорожанию, особенно при новом строительстве или капитальной реконструкции различных объектов. Одним из вариантов специальных систем освещения, позволяющих повысить энергоэффективность уличного освещения, являются системы с применением возобновляемых источников энергии (солнечных и/или ветровых установок). Подобные системы широко используются в различных европейских, западных и восточных странах. В нашей стране такие системы пока применяются мало, и то в основном для декоративного освещения. Одними из причин такой ситуации является как неготовность к активному применению альтернативных источников, так и трудность технической реализации подобных систем.

Целью настоящей разработки является разработка системы автономного освещения набережной г. Барнаула, для которой в настоящее время разработан проект капитальной реконструкции с перестройкой и существенным расширением.

Для освещения предлагаются фонари, работающие от солнечных батарей и ветротурбин. Такое сочетание автономных энергоисточников позволит обеспечить более стабильную работу системы освещения: при хорошей погоде большую часть энергии дает солнце, при плохой – воздушные потоки. Также необходимо отметить, что ветер дует как днем, так и ночью, что позволяет круглосуточно заряжать аккумулятор. Данная система освещения наиболее целесообразна именно на набережной, т.к., во-первых, малая застроенность и большая открытость данной территории позволит получить большое количество прямой солнечной энергии, а из-за открытости территории и наличия реки будут достигаться большие скорости ветра и интенсивность воздушных масс.

Основным оборудованием предлагаемой системы уличного освещения являются: светодиодные светильники, солнечные батареи, ветрогенератор, аккумулятор, контроллер.

Современные светодиодные светильники имеют хорошие светотехнические характеристики, экономичны, безопасны, кроме того характеризуются постоянно снижающейся стоимостью. Нами были подобраны светильники с потреблением от 10 до 80 Вт. Необходимо отметить, что также существенным достоинством светодиодных светильников в предлагаемой системе является возможность работать при напряжении 12 В, что не требует включения в систему инвертора для преобразования постоянного напряжения 12 В в переменное 220 В.

Для получения солнечной энергии предложено использовать две поликристаллические солнечные панели по 100 Вт.

Однако, для преобразования энергии солнца в потребляемую необходим инвертор, что приведет к удорожанию проектируемой системы в целом. Поэтому в качестве основного источника энергии целесообразно использовать ветрогенератор, а солнечные батареи должны обеспечить минимальную мощность для подзарядки аккумулятора в период длительного штиля.

Как показал анализ аналогичных систем освещения, используемых в зарубежных странах, целесообразнее использовать ветрогенератор с горизонтальной осью вращения. В настоящей работе предложен ветрогенератор с четырьмя пропеллерными лопастями,

который начинает работать при скорости ветра от 2,5 м/с, со скоростью вращения 10 – 60 оборотов в минуту, производимой мощностью до 100 Вт.

В качестве аккумулятора в комплекте с ветрогенераторами приняты гелевые. В них вместо жидкого электролита используется гель. Данные аккумуляторы не требуют обслуживания, а именно, периодического подливания дистиллированной воды, срок службы достигает 12 лет и они способны работать при температуре до – 40 °С.

Электронная система управления позволит контролировать потоки энергии между всеми компонентами системы и обеспечивать энергоэффективный режим ее работы.

Система работает следующим образом. При наступлении темного времени суток контроллер автоматически активирует систему освещения, при наступлении светлого времени суток – отключает систему и она переходит в режим генерации и накопления энергии. Полностью заряженный аккумулятор может обеспечивать до 7 дней автономии системы при наступлении неблагоприятных погодных условий.

Таким образом, предлагаемая система освещения позволит как обеспечить автономную энергоэффективную систему освещения для набережной города Барнаула, так и придать ей за счет солнечных батарей и ветрогенераторов на фонарях современный, уникальный и привлекательный вид.

## ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Жумагажинов А.Т. - аспирант, Федянин В. Я. - д.т.н., профессор

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

Мировой опыт показывает, что ряд стран и регионов успешно решают сегодня проблемы энергообеспечения на основе развития возобновляемой энергетики. Для интенсификации практического использования возобновляемых энергоресурсов в этих странах законодательно устанавливаются различные льготы для производителей «зеленой» энергии. Однако решающий успех возобновляемой энергетики определяется, в конечном счете, ее эффективностью в сравнении с другими традиционными на сегодня энергоустановками топливной энергетики. Развитие технической и законодательной базы возобновляемой энергетики и устойчивые тенденции роста стоимости топливно- энергетических ресурсов уже сегодня определяют технико-экономические преимущества электростанций, использующих возобновляемые энергоресурсы. Очевидно, что в перспективе эти преимущества будут увеличиваться, расширяя области применения возобновляемой энергетики и увеличивая ее вклад в мировой энергетический баланс [1].

Алтайский край, располагающий значительным промышленным и аграрным потенциалом, имеющий население 2,4 млн. человек, на протяжении длительного времени испытывает дефицит электроэнергии, который достигает половины объема регионального потребления[2].

Недостаток электроэнергии и ее высокая цена являются основными факторами, сдерживающими экономическое развитие края, в первую очередь его юго-восточной зоны, обладающие серьезными резервами в области туризма, сельского хозяйства, пищевой, перерабатывающей и фармацевтической промышленности. Выходом из замкнутого круга этих проблем может стать внедрение в хозяйства комплексных энергетических установок, основой которых являются биогазовые с дополнением солнечных и ветровых установок. Препятствием для реализации таких проектов является высокая стоимость этих установок. Для снижения стоимости системы энергообеспечения на основе возобновляемых источников энергии необходимо максимально оптимизировать мощность установок и использование возобновляемых источников энергии. Для проведения оптимизации требуется разработка методики проектирования комплексной энергетической системы на основе возобновляемых источников энергии.

Итак, разработка полностью автономной эффективной энергоустановки, использующей в качестве первичных источников энергии биогаз, солнечную и ветровую энергию, связана с поиском и обоснованием ее оптимальной конфигурации и состава с учетом реальных климатических условий эксплуатации, характеристик используемого оборудования, а также особенностей потребителя, включая ожидаемые переменные графики потребления энергии. На начальном этапе проектирования комплексной энергетической системы необходимо выбрать критерии оптимизации. Критерием оптимальности должна быть минимальная стоимость энергоустановки при гарантированном энергообеспечении потребителя. Решение задачи создания таких оптимальных автономных энергоустановок возможно лишь на основе сочетания расчетно-теоретических и экспериментальных исследований

До начала строительства биогазовой установки нужно учитывать условия, необходимые для ее эффективной работы. Поломка или плохая работа биогазовой установки, как правило, является результатом ошибок при проектировании. Последствия таких ошибок могут быть заметны сразу или после нескольких лет работы установки. Тщательное и всестороннее проектирование очень важно для исключения ошибок до того, как они станут причиной непоправимых поломок.

Проектирование сооружения сельскохозяйственных биогазовых установок должно начинаться с определения потенциала производства биогаза и биоудобрения на основании имеющегося количества сырья, а также необходимого хозяйству количества энергии.

Если биогазовая установка предназначается в первую очередь как источник энергии, строительство рекомендовано только в том случае, когда расчеты потенциального производства биогаза достаточны для удовлетворения потребности хозяйства в энергии.

Существенными недостатками солнечной и ветровой энергии являются относительно низкая плотность энергетических потоков (для солнечной энергии среднегодовая мощность не превышает 200–250 Вт/м<sup>2</sup>, а для ветра (при средней скорости ветра 5–6 м/с) – менее 100 Вт/м<sup>2</sup>, а также их нерегулярность и зависимость от сезонных и погодных условий [3].

Изложенное выше определяет целесообразность проведения расчетных и экспериментальных исследований в обосновании оптимальных конфигураций энергетической системы, состава и конструкции комплектующего оборудования с учетом реальных климатических условий эксплуатации и особенностей потенциальных потребителей.

Упрощенная структура энергетической системы на ВИЭ изображена на рис. 1.



Рисунок 1. Упрощенная структура автономной энергоустановки на ВИЭ

В состав рассматриваемой энергетической системы входят источники энергии: биогазовая установка, фотоэлектрические преобразователи и ветроустановка, выработка

энергии которыми, как правило, существенно не совпадает с графиками потребления энергии потребителем, который, в общем случае, нуждается в электроэнергии, в тепловой энергии. В этой ситуации ключевым компонентом автономной системы является биогазовая установка и система аккумулирования, преобразования и вторичной генерации энергии. Для обеспечения наиболее эффективного преобразования первичных видов энергии и удовлетворения нужд потребителя энергоустановка должна быть снабжена системой автоматического управления.

Список использованных источников:

1. Лукутин Б.В., Суржикова О.А., Шандарова Е.Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. - монография изд. - М.: Энергоатомиздат, 2008. - 231 с.
2. Лачуга, Ю.Ф. Энергетическая стратегия сельского хозяйства России на период до 2020 г. // Ю.Ф. Лачуга, Д.С. Стребков, А.В. Тихомиров и др. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009. – 64 с.
3. Попель О.С. Автономные энергоустановки на возобновляемых источниках энергии // НП "АВОК" URL: [http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=3278](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3278) (дата обращения: 05.04.2016).

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС АНАЭРОБНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ НАВОЗА КРС ПРИ ПОЛУЧЕНИИ БИОГАЗА

Жумагажинов А.Т. - аспирант, Федянин В.Я. - д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Использование сельскохозяйственных отходов, таких как навоз, суспензии и другие органические отходы для производства биогаза имеет значительные экологические преимущества с точки зрения производства тепла и электроэнергии и ее использования в качестве биотоплива. Биогазовые установки могут внести существенный вклад в устойчивое развитие в сельских районах, а также предоставить фермерам новые возможности снижения издержек на содержание животных [1].

Для увеличения производительности установок, вырабатывающих биогаз, используют различные способы интенсификации процессов анаэробного сбраживания (химический, термический, ультразвук, ферментные). Применяя предварительную обработку, можно ускорить гидролиз органического вещества, тем самым увеличивая выход метана. Процедуры, такие как щелочной или кислотный гидролиз, ферментативный гидролиз, термическая обработка или ультразвуковая, могут быть применены для предварительной обработки субстрата [2].

До сих пор ультразвуковые исследования предварительной обработки в основном изучены для осадка сточных вод [3]. Исследования проводились без предварительной обработки и с предварительной обработкой субстрата ультразвуком для навоза крупно рогатого скота, получены интересные предварительные результаты.

Целью исследования было оценить эффект применения ультразвука при предварительной обработке на анаэробное сбраживание навоза. В первой серии испытаний были проведены лабораторные измерения выхода биогаза и скорости его образования при психрофильном режиме без ультразвуковой обработки (25 °С). Продолжительность испытаний была принята равной 35 дням. Величина рН, объемный вес определялись в химической лаборатории.

Вторая серия испытаний была проведена при психрофильном режиме с ультразвуковой обработкой.

Для ультразвуковой обработки субстрата применили генератор НЛ-900А. Частота ультразвуковых колебаний, генерируемых генератором, составляла 40 кГц.

На основе совокупности данных, полученных в результате исследований, проведенных на лабораторной установке при периодическом режиме сбраживания, было определено

количество биогаза, образующегося из субстрата (жидкого навоза крупного рогатого скота). Основной показатель, характеризующий эффективность применяемой технологии анаэробного сбраживания – суточный выход биогаза. Проведены сравнительные исследования процессов анаэробного сбраживания органического субстрата жидкого навоза КРС, обработанного ультразвуком, и без ультразвуковой обработки. Сбраживание происходило в одинаковых условиях: режим сбраживания – психофильный, время сбраживания – 35 суток. На рисунке 1 представлены результаты статистической обработки графиков выхода биогаза из органического субстрата, не прошедшего обработку и обработанного ультразвуком.

Из приведенных зависимостей видно, что выход биогаза из органического субстрата жидкого навоза КРС, обработанного ультразвуком, больше, чем из не прошедшего обработку.

Активация ультразвуком органического субстрата позволяет в 4,5÷4,8 раз увеличить выход биогаза, при одном и том же составе исходного сырья, одинаковой температуре анаэробного сбраживания и одинаковом объеме метантенка (рис.1).

Из графика (рис.1) также видно: в интервале с 5 по 15 сутки суточный выход биогаза снижается, что обусловлено «закислением» субстрата, что свидетельствует о необходимости оперативно контролировать и, при необходимости, корректировать водородный показатель pH обрабатываемого в метантенке сырья.

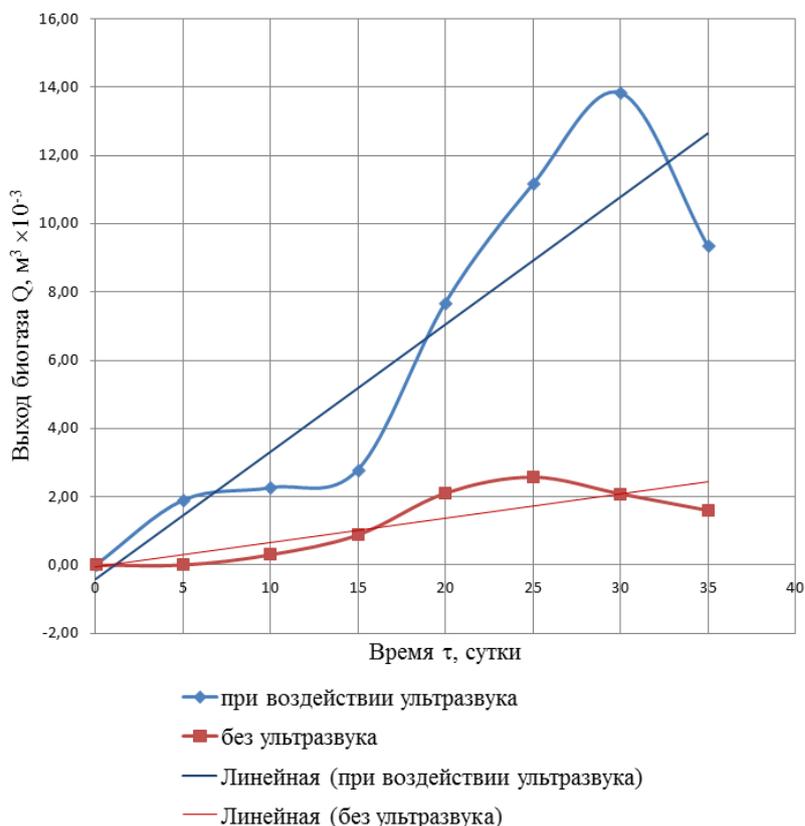


Рисунок 1. Выход биогаза из водного органического субстрата КРС

Список литературы.

1. Момыналиев К. Т. Биоэнергетика как устойчивый и возобновляемый источник энергии для Казахстана // KAZENERGY. - 2013. - №2. - С. 124-130.
2. Волова Т.Г. Биотехнология. - Новосибирск: Сибирского отделения Российской Академии наук, 1999. - 252 с.

3. Комплексная технология генерации обогащенного метаном биогаза при утилизации сточных вод // «НЕРОАЭРА» URL: <http://www.neroera.com/?p=2015> (дата обращения: 06.04.2016).

## РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Шарипов Н.Б. - аспирант, Федянин В.Я. - д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

### Работа теплового насоса

Источником тепла может быть скалистая порода, земля, вода, воздух. Теплоноситель нагревается на несколько градусов, проходя по внешнему контуру, уложенному в землю или водоём. Внутри теплового насоса теплоноситель проходит через теплообменник (испаритель) и отдает собранное тепло внутреннему контуру теплового насоса. Внутренний контур теплового насоса заполнен хладагентом, имеющим низкую температуру кипения, который, проходя через испаритель, превращается из жидкого состояния в газообразное при температуре  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и низком давлении. Из испарителя газообразный хладагент попадает в компрессор, там он сжимается до высокого давления и высокой температуры. Затем горячий газ поступает во второй теплообменник – конденсатор, где происходит теплообмен между горячим газом и теплоносителем из обратного трубопровода системы отопления дома. Хладагент, отдавая тепло системе отопления, охлаждается и превращается в жидкость, а теплоноситель системы отопления поступает в отопительные приборы. После прохождения через конденсатор жидкий хладагент может быть еще более охлажден, а температура прямой воды системы отопления увеличена посредством дополнительно установленного сабкулера. Давление хладагента, тем не менее, все еще остается высоким. При прохождении хладагента через редукционный клапан давление понижается, хладагент попадает в испаритель, и цикл повторяется снова.

Эффективность тепловых насосов принято характеризовать величиной безразмерного коэффициента трансформации энергии  $K_{тр}$ , определяемого для идеального цикла Карно по следующей формуле:

$$K_{mp} = \frac{T_0}{T_0 - T_H},$$

где  $T_0$  – температура теплоносителя, поступающего в систему теплоснабжения,  $K$ ;

$T_H$  – температура теплоносителя, поступающего из источника низкопотенциального тепла,  $K$ .

Реальный коэффициент трансформации отличается от идеального на величину коэффициента  $h$ , учитывающего степень термодинамического совершенства термодинамического цикла, реализуемого в реальном образце теплового насоса. Для современных тепловых насосов величина коэффициент  $h$  изменяется в широком диапазоне: от  $h=0,20$  для насосов малой мощности ( $\sim 1$  кВт) до  $h=0,75$  для мощных насосов ( $\sim 3000$  кВт) [2].

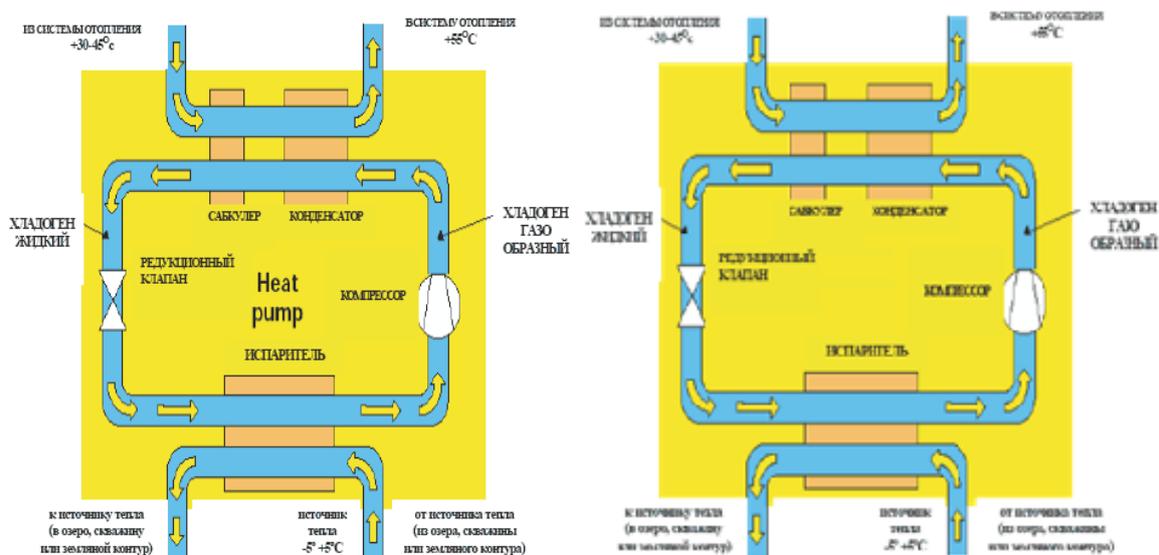


Рисунок 1 - Принципиальная схема действия теплового насоса

### Необходимые требования к источнику энергии

Источником энергии может быть грунт, скальная порода, озеро, вообще любой источник тепла с температурой  $-1^{\circ}\text{C}$  и выше, доступный в зимнее время. Это может быть река, море, выход теплого воздуха из системы вентиляции или какого-либо промышленного оборудования. Внешний контур, собирающий тепло окружающей среды, представляет собой полиэтиленовый трубопровод, уложенный в землю или в воду. Теплоноситель – 30%-ый раствор этиленгликоля (либо этилового спирта).

### Скважина

При использовании в качестве источника тепла скалистой породы трубопровод опускается в скважину. Можно пробурить несколько неглубоких скважин – это, возможно, обойдется дешевле, чем одна глубокая. Главное – получить общую расчетную глубину. Для предварительных расчетов используется следующее соотношение:  $50 \div 60$  Вт тепловой энергии на 1 метр скважины. То есть, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходима скважина глубиной 170 метров [3].

Компоновка и автоматизация систем теплоснабжения с зависимым присоединением грунтовых теплообменников к тепловым насосам

Система отопления, разработанная и присоединенная к тепловым зондам по схеме, автоматизируется также, как система подготовки теплоносителя для отопления.

В циркуляционных контурах систем с замкнутым контуром при зависимом присоединении должно поддерживаться постоянное заданное давление, для чего предусматривается подпитка систем.

В настоящее время широко используются для этой цели тепловой насос, размещаемый в помещении теплового пункта. Каждая система должна иметь свой узел подпитки, прежде всего свой насос. При падении давления в циркуляционном контуре какой-либо системы, на что реагирует датчик давления (или электроконтактный манометр), через контроллер поступает команда на открытие соответствующего соленоидного клапана и на включение рабочего подпиточного насоса. При повышении в системе давления до заданного значения соленоидный клапан закрывается и подпиточный насос отключается. Для первичного заполнения систем отопления и вентиляции теплоносителем могут быть предусмотрены отдельные насосы с большей производительностью, чем подпиточные.

Узел ввода в тепловой пункт решается также, как при использовании систем с независимым присоединением. В тепловых пунктах присоединение систем может быть комбинированным: часть систем может присоединяться по независимой схеме, а часть – по

зависимой схеме. Все определяется технологическими расчетами и удобством эксплуатации [4].

При непосредственном зависимом присоединении систем вентиляции (калориферов приточных вентиляционных систем) к тепловой сети, если таких систем несколько, в том числе воздушно-тепловых завес, такое присоединение следует выполнять через регулятор разности давлений, независимо от того, что регулятор разности давлений имеется на узле ввода.

Если для подготовки теплоносителя, подаваемого на отопление, или к системам вентиляции, или к каким-либо еще системам при зависимом их присоединении, требуется понижение температуры теплоносителя (например, с расчетной температуры теплоносителя в сети в  $+40^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ ) с помощью узла смешивания двух сред – прямого и обратного теплоносителя, то решать эту задачу можно приемами, отображенными на рисунке 2.



а)



б)

Рисунок 2 - Тепловой насос с пультом управления, смонтированный в жилом здании:

а) тепловой насос с баком накопителем, узлом учета и автоматического управления;

б) узел подключения теплового насоса к внутренней тепловой сети здания

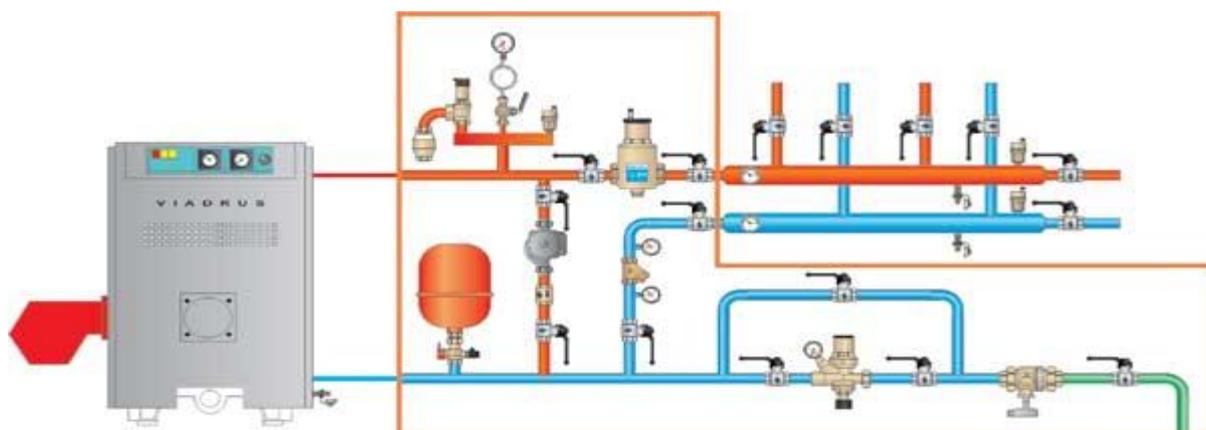


Рисунок 3 - Схема управления и учета теплоносителей

Испытания теплонасосной системы теплоснабжения жилого здания

Принципиальная схема теплоснабжения на основе теплового насоса представлена на рисунке 4.



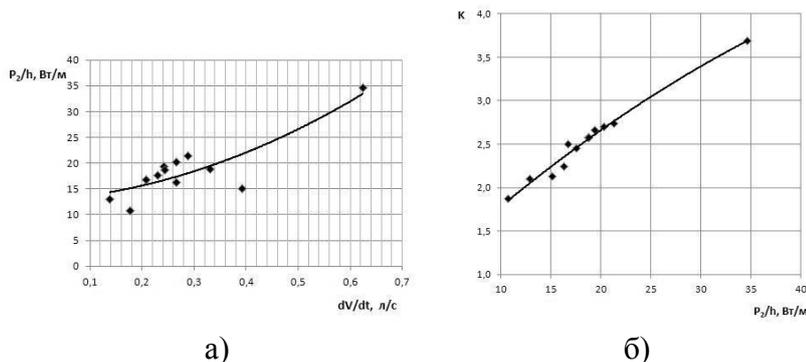


Рисунок 7 - Результаты измерений параметров теплонасосной системы теплоснабжения здания с вертикальными U-образными грунтовыми теплообменниками

а) зависимость тепловой мощности в расчете на единицу длины, извлекаемой из почвы U-образным теплообменником, от расхода теплоносителя;

б) зависимость коэффициента трансформации теплоты от удельной величины тепловой мощности, извлекаемой грунтовым теплообменником

Список использованных источников:

1. Федянин В.Я., Мещеряков В.А. Инновационные технологии для повышения эффективности алтайской энергетики: Монография – Барнаул: Изд-во ААЭП, 2010. – 192 с.

2. Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли: Монография. – М.: Издательский дом "Граница", 2006. – 220 с.

3. Васильев Г. П., Хрустачев Л. В., Розин А. Г., Абуев И. М. и др. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии. – М.: Изд-во «Москомархитектура», 2001. – 66 с.

4. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 480 с.

5. Вершнян К. Доклад "Прогнозы мировой энергетики-2009" (World energy Outlook, 2009) – <http://www.noravank.am> – 05.02.2010

6. Анализ перспектив использования тепловых насосов в Украине (обзоры рынка 17.12.2009) // [http://www.holod\\_ok.com.ua](http://www.holod_ok.com.ua)- Интернет-сайт фирмы "Холод\_ОК"

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Крюков Д.Н. - аспирант, Федянин В.Я. - д.т.н., профессор

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

До недавнего времени по целому ряду причин, прежде всего из-за огромных запасов традиционного энергетического сырья, вопросам использования возобновляемых источников энергии в энергетической политике России уделялось сравнительно мало внимания. В последние годы ситуация стала заметно меняться. Необходимость борьбы за благоприятную экологическую обстановку, новые возможности повышения качества жизни людей, участие в мировом развитии прогрессивных технологий, стремление повысить энергоэффективность экономического развития, логика международного сотрудничества – эти и другие соображения способствовали активизации национальных усилий по созданию «зеленой» энергетики, движению к низкоуглеродной экономике.

Проблема изменения климата стоит в первом ряду глобальных вызовов 21-го века. Решение этой проблемы выходит далеко за рамки чисто научно-технических вопросов и по своей сути представляет комплексную междисциплинарную проблему, охватывающую все

ключевые аспекты устойчивого развития – экологические, экономические и социальные. Это требует заблаговременного формирования всеобъемлющего и взвешенного подхода государства к проблемам климата и смежным вопросам [5].

Вопросу строительства и эксплуатации установок на возобновляемых источниках энергии в Алтайском крае также уделяется большое внимание. Согласно Энергетической стратегии Алтайского края до 2020 года, одобренной постановлением Администрации края № 474 от 10.11.2008, использование возобновляемых источников энергии утверждено стратегическим направлением развития топливно-энергетического комплекса (далее - ТЭК) нашего региона [2].

Рассмотрим возможности по созданию систем энергоснабжения сельских потребителей Алтайского края с использованием возобновляемых источников энергии. Модернизация систем энергоснабжения сельских потребителей с использованием возобновляемых топливно-энергетических ресурсов является актуальной задачей для края из-за низкой энергетической эффективности существующих систем энергоснабжения малых и удаленных населенных пунктов, связанной с большой протяженностью малонагруженных линий электропередачи, и значительными затратами на доставку привозного органического топлива.

В соответствии с Федеральным законом от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», постановлением Администрации Алтайского края от 13.10.2014 № 468 утверждена государственная программа Алтайского края «Энергоэффективность и развитие электроэнергетики» на 2015-2020 годы (далее - «Программа»), которая заменила действовавшую ранее государственную программу «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Алтайском крае» на 2011 - 2015 годы и на перспективу до 2020 года.

К числу основных составляющих государственной энергетической политики в крае при реализации Программы относятся:

- развитие внутреннего энергетического рынка;
- формирование рационального топливно-энергетического баланса;
- проведение региональной энергетической политики с учетом особенностей топливно-энергетического обеспечения региона;
- развитие возобновляемой и альтернативной энергетики;
- использование инновационных научно-технических разработок в энергетике;
- проведение социальной политики в энергетике [3].

Одной из целей Программы является развитие использования возобновляемых источников энергии.

Алтайский край обладает большим потенциалом практически всех видов возобновляемой энергии. Альтернативные и возобновляемые источники энергии, а также различные способы энергосбережения являются весьма благоприятной сферой для развития инновационных технологий в Алтайском крае. Наш регион имеет наиболее перспективные условия для развития на своей территории ветроэнергетики, солнечной энергетики, малой гидроэнергетики и переработки отходов сельскохозяйственного производства.

Таблица 1. Ресурсы возобновляемых источников энергии Алтайского края, млн. т у.т./год [1]

Ресурсы	Технический потенциал	Экономический потенциал
Малая гидроэнергетика	1,7	0,9
Энергия биомассы	0,3	0,2
Энергия ветра	87,4	0,4

Энергия солнечной радиации	26,0	0,2
Низкопотенциальное тепло	3,4	0,4
Итого НВИЭ	118,9	2,1

Согласно существующим оценкам объем технически доступных ресурсов возобновляемых источников энергии в Российской Федерации составляет не менее 24 млрд. тонн условного топлива. Доля электроэнергии, вырабатываемой в России с использованием возобновляемых источников, в 2008 году составила около 1% без учета ГЭС мощностью свыше 25 МВт, а с учетом последних – свыше 17%. Удельный вес производства тепловой энергии, полученной на базе ВИЭ, был около 3%, или около 2000 млн. Гкал [5].

Несмотря на то, что эти ресурсы известны и используются в мире не первый десяток лет, в энергетической промышленности края они практически не востребованы. Таким образом, одной из первых задач при изучении возможности использования в регионе различных видов нетрадиционной энергетики является определение энергетических потенциалов малой гидроэнергетики, солнечной радиации, ветра, биомассы и возобновляемого низкопотенциального тепла, выявление тех территорий, которые обладают максимальным энергетическим потенциалом.

В крае, с учетом существующих оценок потенциала использования возобновляемых источников энергии, ряд компаний провели исследования возможности реализации проектов по созданию энергообъектов, функционирующих с использованием энергии ветра, солнца, рек и за счет переработки отходов сельскохозяйственного производства.

Рассмотрим перспективы использования ветроэнергетического потенциала Алтайского края. Среднегодовая скорость ветра на метеостанциях Алтайского края [4], замеры которой осуществляются на высоте 10 м, приведена в таблице № 2.

Таблица 2. Среднегодовая скорость ветра на метеостанциях Алтайского края

Расположение метеостанции	Среднегодовая скорость ветра (на высоте 10м)	Средняя скорость ветра (м/с)				Максимальная скорость ветра (м/с)
		Зима	Весна	Лето	Осень	
Барнаул	2,0	1,8	2,3	1,6	2,1	25
Алейск	2,4	2,5	2,6	1,9	2,4	29
Баево	3,2	3,2	3,7	2,9	3,1	26
Белокуриха	1,1	1,0	1,4	1,1	1,2	22
Бийск	2,3	1,6	2,8	2,2	2,4	30
Благовещенка	4,2	4,4	4,6	3,5	4,3	27
Волчиха	3,5	3,1	4,0	3,3	3,4	34
Горняк	2,8	2,7	3,0	2,7	2,7	28
Заринск	1,8	1,6	2,2	1,6	1,9	28
Змеиногоorsk	2,2	2,2	2,4	1,8	2,3	26
Зональное	1,9	1,7	2,3	1,6	1,9	27
Камень-на-Оби	2,9	2,8	3,4	2,4	2,9	28
Ключи	2,5	2,3	3,0	2,4	2,4	24
Краснощёково	2,3	2,2	2,7	1,8	2,5	28

Кулунда	1,9	1,9	2,2	1,8	1,9	23
Мамонтово	2,3	2,5	2,7	1,6	2,3	23
Поспелиха	2,6	2,5	2,9	2,4	2,6	32
Ребриха	2,9	2,9	3,3	2,4	3,0	28
Родино	3,6	3,5	4,0	3,2	3,5	28
Рубцовск	3,8	3,9	4,2	3,4	3,8	40
Славгород	3,2	3,0	3,6	3,0	3,1	26
Солонешное	1,0	0,7	1,4	1,1	1,0	29
Тальменка	1,1	0,8	1,4	0,9	1,2	21
Тогул	2,5	1,9	2,7	2,3	2,9	24
Троицкое	1,8	1,5	2,0	1,5	1,9	23
Угловское	3,0	2,6	3,4	3,0	2,8	28
Усть-Калманка	2,8	2,6	3,3	2,5	3,0	30
Усть-Чарышская Пристань	2,7	2,9	3,0	2,0	2,8	31
Хабары	2,7	2,7	3,1	2,0	2,8	27
Целинное	3,5	3,3	3,9	2,9	3,6	32
Чарышское	1,1	0,9	1,4	1,2	1,1	24
Шелаболиха	2,5	2,6	2,8	1,9	2,5	30
Шипуново	2,1	2,2	2,3	1,7	2,1	28

Измерения скорости ветра в крае проводятся лишь на высоте 10 метров, то есть в приземном слое, который в наибольшей степени подвержен влиянию подстилающей поверхности и крупных природных и антропогенных объектов, препятствующих свободному движению воздушных масс. Промышленные ветрогенераторы устанавливаются на значительно большей высоте (2-100 метров), что позволяет наиболее полно использовать энергию ветра.

Одной из проблем для Алтайского края в сфере развития ветроэнергетики является недостаточная репрезентативность данных о параметрах ветра. Это влечет за собой сложности в технической и экономической оценках реальных параметров территории и последующего вовлечения ее в производство энергии.

С целью уточнения возможности и эффективности использования в крае промышленных ветроэнергетических установок в 2010 году ООО «ВентРус» были произведены замеры скорости ветра и выполнены необходимые изыскательские работы. По их результатам компания сделала вывод о возможности установки в степной зоне края десяти ветровых агрегатов с установленной электрической мощностью 23 МВт (2,3 МВт каждый) в районе г. Яровое, а также ветровой электростанции с установленной электрической мощностью 96 МВт в районе с. Кулунда.

Важно отметить, что в сравнении с традиционными источниками, производство энергии ветроустановками сопряжено со значительно меньшим экологическим воздействием на окружающую среду. При этом существуют и проблемы ветроэнергетики: шумовое загрязнение от работающих ВЭУ; их влияние на климат за счет изъятия энергии из потоков воздуха; влияние на местную фауну, в первую очередь птиц и др.

Также в крае была проведена работа по определению экономически эффективного энергетического потенциала малой гидроэнергетики в предгорных районах края. Были проведены исследования возможных площадок строительства в крае малых ГЭС сотрудниками Фонда «Новая энергия» ОАО «ГидроОГК», ООО «ИК Энергия». В ходе этой работы были проведены исследования и анализ материалов по 26 возможным площадкам строительства малых ГЭС на реках Песчаная, Ануй и Чарыш. Их суммарная установленная мощность 302,0 МВт, а расчетная годовая выработки электрической энергии составляет 1204 млн. кВт ч. Осуществлялся выезд специалистов компаний на ряд створов с целью актуализации имеющихся материалов по данным проектам. По результатам этой деятельности для дальнейшей проработки было отобрано 16 площадок в Алтайском крае.

Таблица 3. Возможные площадки строительства малых ГЭС в Алтайском крае [6]

Этапы	Наименование МГЭС	Установленная мощность, МВт	Среднегодовая выработка, млн. кВтч
1	2	3	4
ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ПРОЕКТЫ	1. Куяганская МГЭС	12	54
	2. Тоуракская МГЭС	8	26
	3. Красногородская МГЭС	16	55
	4. Сибирячихинская МГЭС	10	40
	5. Краснопартизанская МГЭС	до 30	до 141
	ИТОГО:	76	316
ПРОЕКТЫ 2-ГО ЭТАПА	1. Быстринская МГЭС	16	51
	2. Осиновская МГЭС	12	52
	3. Топольнинская МГЭС	6	22
	4. Щукинская МГЭС	до 40	до 166
	ИТОГО:	74	291
ПРОЕКТЫ 3-ГО ЭТАПА	1. Деривационная МГЭС)	24	83
	2. Песчановская МГЭС	16	56
	3. Антоньевская МГЭС	10	37
	4. Карамская МГЭС	6	20
	5. Белореченская МГЭС	16	42
	6. Инская МГЭС	до 40	до 180
	7. Коргонская МГЭС	до 40	до 179
	ИТОГО:	152	597

Гидроэнергетический потенциал рек Алтайского края способен в значительной степени повысить надежность электроснабжения удаленных сельских районов, а также районов с одноцепными и радиальными, физически изношенными линиями электропередачи.

В Алтайском крае традиционно развито растениеводство и животноводство. Поэтому перспективным направлением развития энергетики, может стать использование биомассы для производства тепловой и электрической энергии, с одновременным производством экологически чистых минеральных удобрений.

В то же время инвесторов, желающих вложить собственные средства в реализацию проектов по сооружению электростанций на биомассе (солома, торф и т.д.), энергии ветра и малых ГЭС, пока нет.

Так для реализации проектов промышленного сжигания биомассы существуют следующие трудности.

Необходимо обеспечить доставку исходного сырья для получения пеллет. В отличие от таких стран, как Дания, Великобритания и Украина, накопивших значительный опыт использования соломы в качестве органического топлива, урожайность зерновых культур в

Алтайском крае заметно ниже. Это обусловит большие транспортные расходы на доставку соломы до мест переработки.

К готовым пеллетам предъявляются высокие требования по физико-химическим свойствам, в первую очередь, по влажности. При влажности брикетов выше 20-22% резко снижается эффективность их использования, что обусловлено трудностями сжигания. Поэтому потребитель пеллет должен обеспечить их хранение в закрытых складских помещениях, либо дополнительно просушить, что существенно повлияет на себестоимость энергии.

Котлы, рассчитанные на сжигание соломы, имеют существенные конструктивные особенности, что исключает простой перевод угольных котельных на сжигание этого вида топлива. Для реализации проекта необходим ввод в эксплуатацию специализированного парка котельного оборудования.

Сжигание соломы сопровождается выбросом в атмосферу целого ряда вредных веществ, в первую очередь, оксида углерода и сажи. Таким образом, солома как топливо, с точки зрения экологии, уступает природному газу и находится приблизительно на одном уровне с древесиной. При этом солома является источником ценных органических удобрений, и её сжигание в конечном итоге отрицательно скажется на плодородии сельхозугодий края.

Основным потребителем тепла и электроэнергии, произведенной на генерирующих установках, функционирующих на основе торфа, древесины и отходов производства, являются объекты ЖКХ, сельские поселения, фермерские хозяйства. Таким образом, за небольшим исключением, эти установки малой или средней мощности, могут эксплуатироваться муниципальными образованиями и, при наличии экономических показаний, применяться для модернизации систем энергоснабжения сельских потребителей с использованием возобновляемых топливно-энергетических ресурсов.

Прорабатывался в крае и вопрос оценки энергетических потенциалов малой гидроэнергетики, солнечной радиации. Право на строительство в городах Горняк и Змеиногорск 2-х солнечных электростанций с общей установленной мощностью 20 МВт по результатам конкурсного отбора получило ООО «Авелар Солар Технолоджи». Завершить работы по их строительству планируется в 2019 году.

Предусмотрено, что планируемые к строительству солнечные электрические станции будут работать параллельно с Единой энергетической системой России, а выдача мощности будет осуществляться в электрическую сеть ПАО «МРСК Сибири».

Режим работы таких станций напрямую зависит от солнечной активности, фактических метеоусловий: количества «солнечных» часов в сутках (облачность), степени загрязненности панелей, а также осадков в виде снега в зимний период. Для работы инверторов требуется опорное напряжение внешней сети. Устройства накопления электрической энергии СЭС отсутствуют, в связи с чем в послеаварийных режимах, связанных с отключением питающих воздушных линий электропередачи, станция выработку не осуществляет.

Выполнив оценку особенностей систем энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии можно отметить, что на работу ветроэнергостанций и солнечных электростанций существенное влияние оказывают погодные условия. Обеспечить круглосуточное электроснабжение потребителя с помощью систем, использующих один из возобновляемых источников энергии, невозможно.

Решением этой проблемы являются гибридные системы электроснабжения. При этом гибридные системы способны решить проблемы электроснабжения объектов в сельской местности, находящихся на расстоянии нескольких десятков километров от центров электрической нагрузки. С помощью подобных гибридных систем можно осуществлять электроснабжение как отдельных зданий, так и небольших сельских поселений даже на территориях с умеренными запасами ветровой энергии, характерными для юга Западной Сибири [1].

Внедрение на территории Алтайского края возобновляемых источники энергии создаст благоприятные перспективы решения энергетических, социальных и экологических проблем

в будущем. Также современные энергетические установки, использующие возобновляемые источники энергии, способны повысить надежность систем электроснабжения на основе радиальных сетей 6/10 кВ, сократить потери электрической энергии за счет снижения величины ее перетока по электрическим сетям.

Отсутствие выбросов углекислого газа и продуктов горения в атмосферу делает этот вид энергетики конкурентоспособным с экологической точки зрения. Это является одним из основных плюсов нетрадиционной энергетики в целом.

При этом на этапе проектирования систем энергоснабжения, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии, необходимо произвести расчёт экономической целесообразности использования тех или иных технических решений.

Список использованных источников:

1. Федянин В. Я. Инновационные технологии для повышения эффективности Алтайской энергетики [Текст]: монография / В. Я. Федянин, В.А. Мещеряков. - Барнаул: Изд-во ААЭП, 2010. – 192 с.

2. Энергетическая стратегия Алтайского края на период до 2020 года: цели, приоритеты и задачи развития ТЭК [Текст] / А.М. Карасевич, А.Б. Карлин и др. - М: Страхование ревью, 2009. – 136 с.

3. Постановление Администрации Алтайского края от 13 октября 2014 года № 468 «Об утверждении государственной программы Алтайского края «Энергоэффективность и развитие электроэнергетики» на 2015-2020 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.altairegion22.ru/upload/iblock/4b5/468\\_2014.pdf](http://www.altairegion22.ru/upload/iblock/4b5/468_2014.pdf). – Загл. с экрана.

4. Средняя скорость ветра в Алтайском края [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energywind.ru/recomendacii/karta-rossii/sibir/altajskij-kraj>. – Загл. с экрана.

5. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/activity/vie>. – Загл. с экрана.

6. Программа развития малой гидроэнергетики ОАО «ГИДРООГК» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.myshared.ru/slide/89978/> – Загл. с экрана.

## СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И НАСТРОЙКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКОЙ

Родионов В.С., Соболев Д.В., Корсун А.В. – студенты гр. Э-24,

Федянин В.Я. - д.т.н., профессор

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

Тепловой насос – современный источник энергии, используемый для работы систем кондиционирования, отопления, горячего водоснабжения. В отличие от других теплогенераторов (газовых, дизельных, электрических) тепловой насос "выкачивает" накопленную за теплое время года энергию из окружающей среды - грунта, скальной породы, водоёма. Использование теплового насоса – прежде всего это повышение уровня комфорта. Выбрав тепловой насос вместо системы, работающей на жидком топливе, люди уменьшают пожароопасность своего дома, избавитесь от дымовой трубы, запаха дизельного топлива и необходимости помнить о том, чтобы вовремя заказать его доставку.

Таким образом, использование теплового насоса – это ещё и экономия энергии и денег. В России сегодня стоимость производства тепловой энергии значительно зависит от вида топлива: дороже всего электроэнергия, затем идёт дизельное топливо и газ. Но цены на энергоносители всё время меняются, и разница между ними сокращается. При этом разница в стоимости установки теплового насоса с грунтовым теплообменником и котельной на дизельном топливе с топливным хозяйством, дымовой трубой, системой автоматического управления окупится за 3-5 лет [1], [2].

Стенд проверки датчиков для теплового контура тепловых насосов

В реальных условиях нагрев всей системы до необходимой температуры для срабатывания отключения системы нагрева происходит большое количество времени, поэтому проверка работоспособности датчика может занять несколько часов.

Основная задача заключается в быстром нагреве и охлаждении датчика для физического моделирования процессов передачи тепла в систему теплоснабжения объекта.

Была разработана схема нагревателя, основанная на транзисторных ключах для более плавной регулировки скорости нагрева. Схема стенда представлена на рисунке 1.

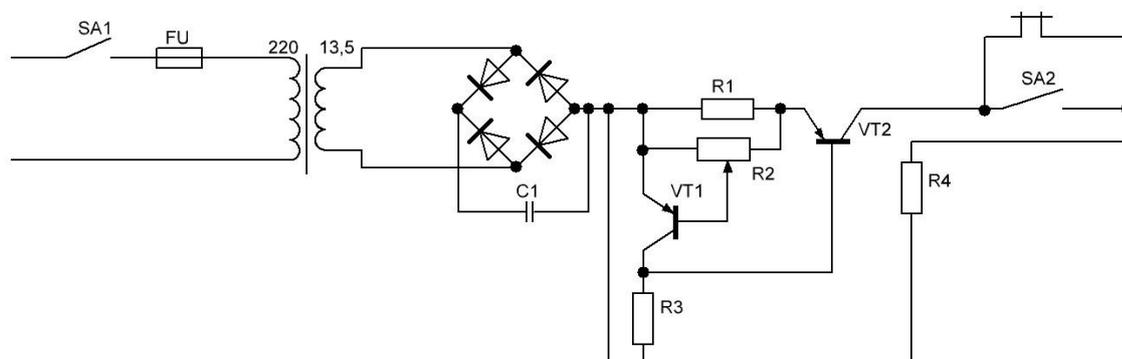


Рисунок 1 - Электрическая схема стенда

В данной схеме используются резисторы номиналом: R1 5 Ом; R2 1 кОм; R3 430 Ом; R4 47 Ом.

Резистор R4 представляет собой 4 резистора одинакового номинала, соединенных параллельно, предназначены для нагрева датчика до необходимой температуры.

В данной схеме для управления мощным транзистором (КТ837А) используется маломощный транзистор (КТ3107).

При данной схеме удалось достичь темпа нагрева за 210 секунд от 35°C до 55°C. В таблицах, представленных ниже, показаны варианты скорости нагрева в зависимости от сопротивления на R2.

Таблица 1. Крайнее левое положение ручки R2

Т, °С	Время нагрева, с		
	I*	II*	III*
35	67	63	183
40	92	89	-
45	121	119	-
50	158	156	-
55	210	209	-

\* примечание: I – крайнее левое положение ручки R2; II – среднее положение ручки R2; III – крайнее правое положение ручки R2. При крайнем правом положении ток слишком мал, поэтому скорость его нагрева не соответствует требованиям.

Созданный стенд обладает необходимой быстротой нагрева, что позволит проверить работоспособность датчиков температуры и адекватность реакции системы управления тепловым насосом.

Стенд представлен на рисунках 2 и 3.



Рисунок 2. Фронтальная сторона стенда



Рисунок 3. Верхняя сторона с отверстием для датчика температуры

Алгоритм автоматизированного управления тепловым насосом основан на достижении максимальной величины коэффициента трансформации (Коп теплового насоса). Коп - отношение тепловой энергии, отданной внутренним контуром насоса к затраченной энергии. Именно данный показатель определяет технико-экономические показатели при использовании теплового насоса в качестве источника тепла.

Разработанное устройство представляет собой четыре логических блока:

- обрабатывающее устройство;
- электронный счетчик объема воды, работающий на эффекте Холла;
- блок измерения потребления электрической энергии;
- клиентская программа обработки данных.

Обрабатывающий блок построен на платформе Arduino Nano с использованием микроконтроллера ATmega328 и имеет дополнительный USB - интерфейс для программирования и передачи данных, что упрощает его использование в лабораторной установке и позволяет вносить программно-аппаратные изменения.

Arduino Nano - имеет дискретные и аналоговые выходы (с точностью 1/1023 от опорного напряжения в режиме входа), а также возможность аппаратного прерывания. В данной работе используются аналоговые входы и дискретные входы с возможностью аппаратного прерывания.

Счетчик объема воды состоит из пластикового корпуса, водяного ротора и датчика Холла. Скорость вращения водяного ротора зависит от объема протекающей воды. В свою очередь датчик Холла в зависимости от скорости вращения изменяет частоту импульсного сигнала. Сигнальный выход счетчика подключается к цифровому входу микроконтроллера с возможностью аппаратного прерывания.

Для измерения потребляемой насосом электрической энергии используется трансформатор тока и измерительный трансформатор, в роли которого выступает обычный понижающий трансформатор. Для расчета активной мощности потребляемой компрессором теплового насоса используются паспортные значения коэффициента мощности.

Данные о температурах воды в подающем и обратном трубопроводах поступают непосредственно с контроллера по USB - интерфейсу.

По этим данным рассчитывается тепло, отданное потребителю.

Отношение количества тепловой энергии к электрической, затраченной на работу компрессора, и определяет КоП теплового насоса.

Данное устройство позволяет в режиме реального времени контролировать КоП теплового насоса и регулировать частоту вращения компрессора, потоки хладагента и теплоносителей с целью оптимизации режимов работы системы в зависимости от условий потребления тепла.

При эксплуатации оборудования возникает необходимость удаленного контроля его параметров и состояния, например, потребляемой мощности и КоП теплонасосной системы. Удаленный контроль за этими параметрами позволяет получить интересующую информацию об эффективности работы оборудования, оперативно принимать меры необходимому техническому обслуживанию.

Анализ блоков управления выпускаемых промышленностью тепловыми насосами показал, что они не обладают такими функциями. В связи с чем разработка прототипа такого устройства является актуальной задачей.

Схема работы такого устройства можно представить в следующем виде. В процессе работы насоса устройство принимает сигнал, содержащий информацию о потребляемой электроэнергии величины КоП. Вычислительный блок устройства декодирует сигнал и передает импульсы на передающий блок, где формируется сообщение, которое и отправляется потребителю. Схематически работа устройства представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Схема функционирования устройства

В качестве вычислительного блока планируется использование микроконтроллера. В качестве передающего блока используется мобильный телефон. При этом эффективно решается проблема устойчивого и недорогого канала связи между устройством и потребителем.

Список использованных источников:

1. Федянин В.Я., Мещеряков В.А. Инновационные технологии для повышения эффективности алтайской энергетики: Монография – Барнаул: Изд-во ААЭП, 2010. – 192 с.
2. Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли: Монография. – М.: Издательский дом "Граница", 2006. – 220 с.

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА С ПОГОДОЗАВИСИМОЙ АВТОМАТИКОЙ

Бахтина И.А. – студент группы 8С-51з, Соколова В.В. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В соответствии с федеральным законом РФ № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» от 23 ноября 2009 г. сокращение потребления тепловой энергии во всех отраслях деятельности человека является в настоящее время приоритетной задачей.

Система отопления является важнейшим элементом инженерного оборудования зданий, обеспечивающих комфортный температурный режим в отапливаемых помещениях.

Одним из основных способов повышения энергоэффективности в системах теплоснабжения и снижения избыточных расходов теплоты является переход на местное качественно-количественное регулирование путем установки автоматических регуляторов.

На начальном этапе развитие автоматизации теплового потребления промышленных и бытовых потребителей в РФ происходило на базе центральных тепловых пунктов (ЦТП) с суммарной расчетной нагрузкой 12-20 ГДж/ч, далее, с середины 90-х гг. XX в., присоединение вновь строящихся потребителей к тепловым сетям производилось с обязательным внедрением автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) с суммарной расчетной нагрузкой до 8 ГДж/ч, обеспечивающих не только экономичность при переходе на количественное регулирование, но и создание комфортных условий для проживания жителей.

Снижение удельного потребления тепловой энергии в целом по жилищно-коммунальной отрасли возможно лишь с комплексным внедрением ИТП.

Для более эффективного действия ИТП снабжают системами автоматики. Основные назначения и функции системы автоматического регулирования теплоснабжения входящей в состав ИТП заключаются:

- погодозависимое регулирование теплоснабжения;
- современные технические решения автоматического теплоснабжения;
- корректировка температуры подаваемой в систему отопления воды по температуре возвращаемого теплоносителя.

Автоматизированный ИТП (при наличии узла учета тепла) позволяет экономить 15 – 50% тепловой энергии, потребляемой зданием, за счет погодного регулирования теплоснабжения и достоверного учета потребляемой энергии.

Рассмотрим обоснование использования ИТП с погодозависимой автоматикой на примере системы отопления 5-ти этажного дома, расположенного в г. Барнауле. Здание типовое, четырехподъездное, объем здания составляет 43843,8 м<sup>3</sup>. Система отопления однетрубная, схема подключения систем отопления – зависимая со смешением в элеваторе. На вводе теплового узла стоят приборы учёта, по которым производится оплата за потреблённую тепловую энергию.

Максимальный часовой расход теплоты на отопление, Гкал/ч, определяется по формуле:

$$Q_{\text{ч}} = q_0 \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

где  $q_0$  – удельная отопительная характеристика здания, ккал/(м<sup>3</sup>·час·°С), для объема здания 43843,8 м<sup>3</sup>  $q_0 = 0,27$  ккал/(м<sup>3</sup>·час·°С);

$V$  – объем здания (корпуса) по наружным размерам, м<sup>3</sup>;

$t_{\text{вн}}$  – температура внутри помещения, °С, для жилых зданий в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) – 31 °С и ниже принимается  $t_{\text{вн}} = 20$  °С;

$t_n$  – расчетная температура наружного воздуха, °С; принимаем действительные среднемесячные температуры воздуха для г. Барнаула на отопительный период 2014-2015 года по данным метеослужбы.

Данные о расходе тепла на отопление по счётчика за отопительный период 2014-2015 года взяты по данным управляющей компании.

Месячный расхода теплоты на отопление, Гкал/мес, с учетом фактической среднемесячной температуры воздуха по формуле (1) за месяц определялся по формуле:

$$Q_m = Q_c \cdot 24 \cdot n, \quad (2)$$

где  $n$  – число дней в месяце.

Расчитанные данные по формуле (2) и данные по счетчикам за отопительный период 2014-2015 года сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расходы теплоты на отопление 5-ти этажного жилого дома

Месяц	Среднемесячная температура, °С	Расход теплоты по формуле (2), Гкал/мес	Расход теплоты по счетчикам, Гкал/мес	Перетоп, %
октябрь 2014	0,34	34,63063	71,92004	51,85
ноябрь 2014	-13,57	57,22526	107,27	46,65
декабрь 2014	-13,01	58,14634	110,8217	47,53
январь 2015	-21,61	73,29504	123,76	40,78
февраль 2015	-10,61	48,70085	125,13	61,08
март 2015	-4,68	43,47324	54,31358	19,96
апрель 2015	10,26	16,60334	59,59001	72,14
Суммарное количество теплоты		332,0747	652,8053	

Таким образом, по данным таблицы 1 видно, что «перетоп», т.е. перерасход теплоты в системе отопления, за счёт отсутствия регулирования системы отопления в зависимости от колебаний температуры наружного воздуха за отопительный период 2014-2015 гг. составил 320,7306 Гкал, что соответствует в среднем 48,57 %. График «перетопа» приведен на рисунке 1.

Сравнение расходов теплоты с учетом фактической среднемесячной температуры воздуха и по данным счетчиков для 5-ти этажного жилого дома приведены на рисунке 2.

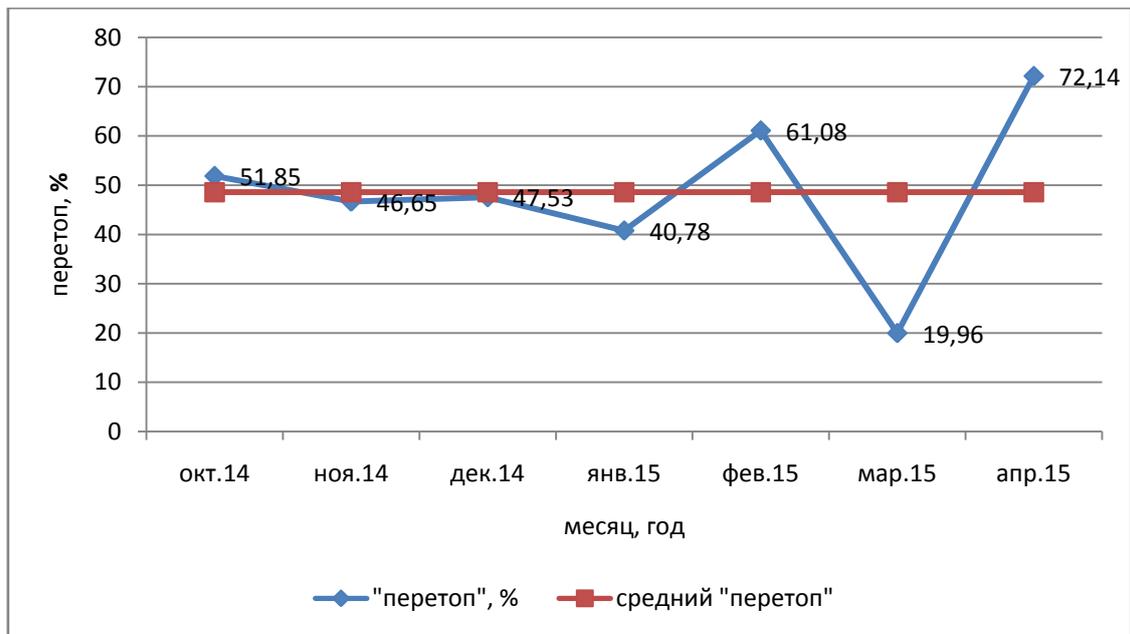


Рисунок 1 – «Перетоп» при отоплении 5-ти этажного жилого дома

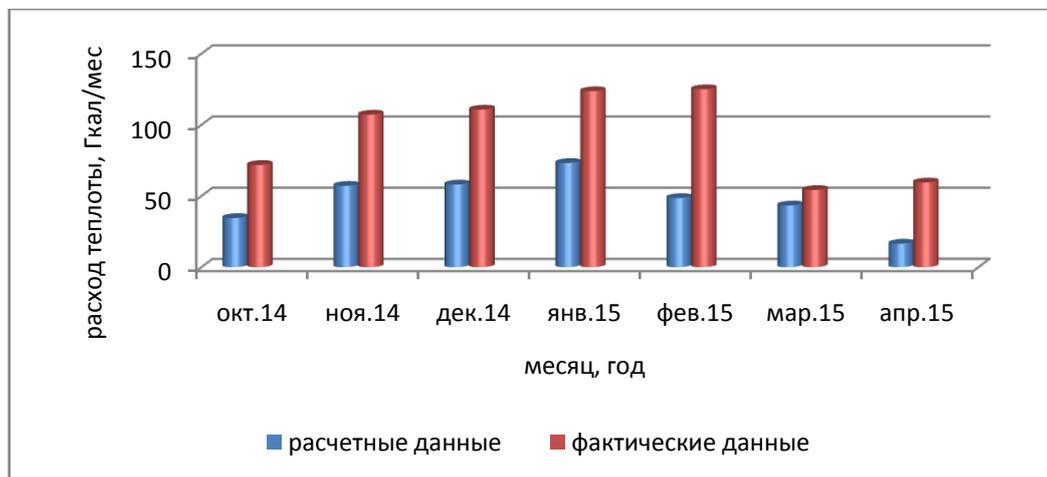


Рисунок 2 – Сравнение данных по расходу теплоты на отопление 5-ти этажного жилого дома

Расчет оплаты на отопление 5-ти этажного жилого дома при тарифе 1204,14 руб/Гкал сведён в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчет оплаты на систему отопления с учетом среднемесячной температуры и фактическая оплата

Месяц	Расход теплоты по формуле (2), Гкал/мес.	Оплата, тыс. руб.	Расход теплоты по счетчикам, Гкал/мес.	Оплата, тыс. руб.	Переплата, тыс. руб.
октябрь 2014	34,63063	41,70013	71,92004	86,60179	44,90167
ноябрь 2014	57,22526	68,90722	107,27	129,1681	60,26085
декабрь 2014	58,14634	70,01633	110,8217	133,4448	63,42849
январь 2015	73,29504	88,25749	123,76	149,0244	60,76687
февраль 2015	48,70085	58,64264	125,13	150,674	92,03138
март 2015	43,47324	52,34787	54,31358	65,40115	13,05328
апрель 2015	16,60334	19,99274	59,59001	71,75471	51,76197
Всего	332,0747	399,8644	652,8053	786,0689	386,2045

Данные об оплате за отопление приведены на рисунке 3.

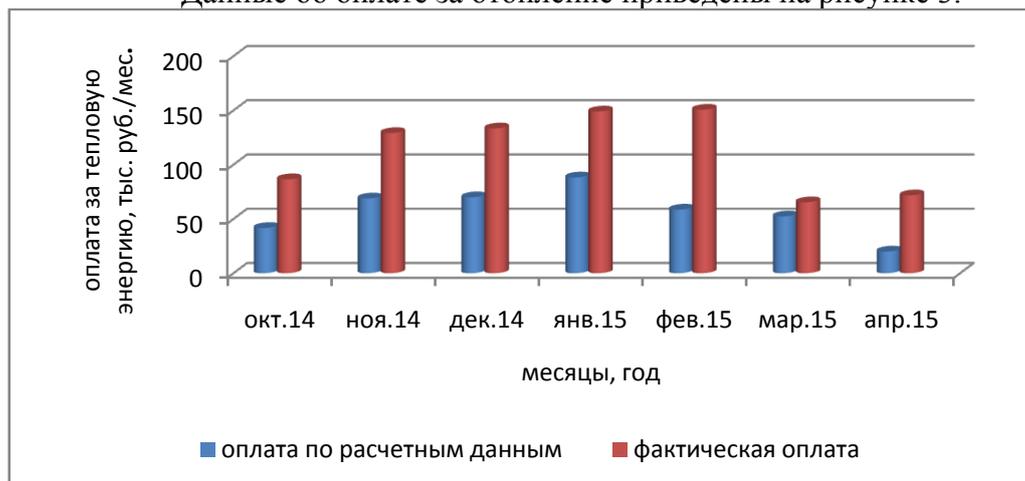


Рисунок 3 – Оплата на отопление 5-ти этажного жилого дома

Таким образом, суммарная переплата за отопление 5-ти этажного жилого дома за отопительный период 2014-2015 гг. за счёт отсутствия регулирования системы отопления в зависимости от колебаний температуры наружного воздуха составила 386,2045 тыс. рублей (49 %).

На основании полученных данных рассчитаны показатели эффективности установки ИТП с погодозависимой автоматикой. Стоимость ИТП с учётом монтажа составляет 950 тыс. рублей. Рассчитанный срок окупаемости установки ИТП с погодозависимой автоматикой с учётом дисконтирования доходов и с учётом наращивания (капитализации) доходов составил 2,96 года и 2,31 года, соответственно.

На основании полученных данных можно сделать следующий вывод: установка ИТП с погодозависимой автоматикой достаточно эффективна не только с точки зрения энергосбережения, но и выгодна с экономических позиций. Низкие сроки окупаемости позволяют отнести этот способ экономии энергии к малозатратным и быстрокупаемым.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Крюков Д.Н. – аспирант, Федянин В.Я. – д.т.н., профессор

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

Важнейшей задачей для энергетики России является повышение эффективности существующих систем энергоснабжения. Также указанная проблема актуальна и для Алтайского края в связи с большими затратами на доставку привозного органического топлива. Поэтому особую значимость приобретает модернизация систем энергоснабжения сельских потребителей Алтайского края с использованием возобновляемых топливно-энергетических ресурсов.

Энергосистема Алтайского края связана с энергосистемами соседних субъектов Российской Федерации и с объединенной энергосистемой Республики Казахстан. За счет этих связей осуществляется переток электрической энергии и мощности по межсистемным линиям электропередачи напряжением 110, 220 и 500 кВ для обеспечения потребности Алтайского края.

Энергосистема края условно поделена на четыре энергорайона:

- Барнаульский;
- Бийский, включая город-курорт Белокуриха;
- Кулундинский;

- Рубцовский.

Для производства электрической энергии используются тепловые электростанции, работающие на углях Кузнецкого, Канско-Ачинского бассейнов, месторождений Хакасии. Котельные в Алтайском крае в качестве топлива используют уголь, газ и мазут.

Общее количество источников теплоснабжения в крае составляет 2109 ед., в том числе 10 ТЭЦ. Общая установленная электрическая мощность энергетического комплекса края на 01.01.2015 составила 1551,6 МВт, суммарная мощность источников теплоснабжения на 01.01.2015 - 6687,0 Гкал/ч. Электростанции Алтайского края производят около 2/3 потребляемой в регионе электрической энергии. Остальная энергия поступает в край от генерирующих мощностей ОЭС Сибири.

Основными собственниками существующих электростанций в Алтайском крае являются ООО «СГК», которой принадлежит 41,3 % от суммарной установленной электрической мощности (представлена в крае АО «Барнаульская генерация», АО «Барнаульская ТЭЦ-3», АО «Барнаульская теплосетевая компания»), АО «Бийскэнерго» - 35,0 % и ОАО «Алтай-Кокс» - 13,1 %. При этом они производят 97,5 % от всей произведенной в крае электроэнергии (ООО «СГК» - 38,5 %, АО «Бийскэнерго» - 41,9 %, ОАО «Алтай-Кокс» - 17,1 %). Также в крае располагается 6 тепловых электростанций с установленной электрической мощностью до 36 МВт.

Протяженность линий электропередачи края по цепям составляет около 70 тыс. км., 15558 трансформаторных подстанций с суммарной трансформаторной мощностью 13,5 тыс. МВА [5].

Важнейшей проблемой электросетевого комплекса Алтайского края является моральный и физический износ основных фондов. Основные электрические сети Алтайского края требуют реконструкции, усиления и развития. Износ распределительных сетей края достигает более 70%. Причиной сложившейся ситуации является нехватка у энергокомпаний финансовых средств на проведение работ по реконструкции и ремонту. На сегодняшний день источник финансирования этих работ - затраты, заложенные в тарифы, а включение в тарифы затрат на выполнение этих работ в полном объеме приведет к резкому росту последних. В этой ситуации сетевые компании вынуждены основную часть имеющихся средств направлять на работы только с системообразующим оборудованием (ЛЭП и ПС классом напряжения 110-35 кВ), которое составляет около 25% всей энергосистемы края.

Характерными особенностями Энергосистемы Алтайского края являются:

- потребность в электрической мощности и электроэнергии покрывается за счет ее производства на ТЭЦ края (около 2/3) и сальдо-перетоков с соседними энергосистемами;
- сезонная разгрузка ТЭЦ из-за отсутствия тепловых нагрузок, в частности, снижение на летний период нагрузки Барнаульских ТЭЦ с 741 МВт до 320 МВт (более чем в 2 раза) при общем снижении потребления Алтайского края с 1708 МВт до 1200 МВт (в 1,4 раза);
- отсутствие концентрированной потребительской нагрузки - крупных потребителей, которые могли бы оказывать системные услуги по участию в противоаварийной разгрузке при внезапном дефиците мощности или энергии;
- разветвленная и протяженная сеть класса напряжения 110 кВ и ниже, а также длинные линии электропередачи с большим количеством подстанций;
- зависимость режимов работы от величины и направления перетока Сибирь - Казахстан - Урал, которые существенно влияют на величину напряжения в прилегающей сети;
- отсутствие необходимого количества средств компенсации реактивной мощности в сети 220-110 кВ.

С целью организации системного подхода в развитии энергетического комплекса Алтайского края в 2008 году принята энергетическая стратегия Алтайского края на период до 2020 года. Стратегии предусматривается шесть стратегических направлений [2]:

- развитие газификации края;
- энергосбережение и повышение энергетической эффективности;
- наращивание генерирующих мощностей;

- развитие электрических сетей;
- создание собственной угледобывающей промышленности;
- использование возобновляемых источников энергии.

Алтайский край не обладает значительными запасами ископаемых видов топлива, а тарифы на электроэнергию одни из самых высоких в Сибирском Федеральном округе. С учетом того, что почти весь уголь, нефтепродукты и природный газ в Алтайском крае поступают из других регионов Российской Федерации, можно сделать вывод о зависимости энергетической отрасли края от привозного топлива.

На фоне этого стратегическое направление «Использование возобновляемых источников энергии» имеет особую значимость для экономики Алтайского края. Основными привлекательными чертами использования возобновляемых источников энергии является их доступность, отсутствие потребности в топливе при эксплуатации таких источников энергии и их экологическая чистота. Внедрение систем энергоснабжения на основе комплексного использования возобновляемых источников энергии, доступных в условиях юга Западной Сибири, способно обеспечить повышение эффективности энергетики региона.

Стратегическое направление «Использование возобновляемых источников энергии», направлено на повышение энергетической безопасности и бюджетной эффективности ТЭК Алтайского края и связано с решением следующих стратегических задач:

- снижение зависимости Алтайского края от поставок ТЭР из соседних регионов;
- повышение надежности энергоснабжения удаленных и изолированных потребителей энергии;
- внедрение новых технологий;
- развитие инновационной составляющей экономики края.

Учитывая природно-климатические условия Алтайского края и степень проработанности технологий использования ВИЭ, наиболее перспективными направлениями развития альтернативной энергетики на территории Алтайского края являются: гидроэнергетика, ветроэнергетика, солнечная энергетика и энергетика, основанная на использовании возобновляемой биомассы.

Таблица 1- Ресурсы возобновляемых источников энергии Алтайского края, млн. т у.т./год

Ресурсы	Валовый потенциал	Технический потенциал	Экономический потенциал
Малая гидроэнергетика	5,2	1,7	0,9
Энергия биомассы	0,8	0,3	0,2
Энергия ветра	1126,0	87,4	0,4
Энергия солнечной радиации	26038,3	26,0	0,2
Низкопотенциальное тепло	529,9	3,4	0,4
Итого НВИЭ	27700,2	118,9	2,1

Возобновляемые источники энергии в виде воды и ветра должны найти самое широкое применение для коммерческого производства электроэнергии. Солнечная энергия кроме производства электричества может широко использоваться для горячего водоснабжения. Очень важна роль децентрализованной энергетики на возобновляемой биомассе в формировании оптимального топливно-энергетического баланса Алтайского края.

Повышение коммерческой эффективности электроэнергетического комплекса края в связи с предлагаемой реструктуризацией приведет к необходимости перевода населенных пунктов, которые оказываются в зоне низкой экономической эффективности, на энергоснабжение от автономных источников тепла и электроэнергии, использующих возобновляемые виды энергии. Внедрение экономически эффективных проектов использования НВИЭ должно производиться с учетом снижения (до полного сокращения) затрат на содержание низкоэффективных тепловых и электрических сетей и замещения

дальнепривозного органического топлива. Важность использования в Алтайском крае возобновляемых источников энергии обусловлена не только необходимостью диверсификации доступных источников топлива, но и стоящими перед краем задачами в области охраны окружающей среды. Развитие производства электроэнергии на основе децентрализованных возобновляемых источников энергии также уменьшит нагрузку на окружающую среду [1].

Для определения перспектив использования гибридных систем электро-, теплоснабжения жилых и производственных помещений на территориях с низкой плотностью заселения была проведена оценка существующего потребления топливно-энергетических ресурсов сельским населением Алтайского края.

По данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю на 01.01.2015 на территории Алтайского края постоянно проживало 2384 тыс. человек. Средний размер домохозяйства в крае – 2,5 человека. По данным энергокомпаний среднегодовое потребление электрической энергии 1 семьей в месяц составляет около 180 кВт час.

При этом необходимо отметить, что в крае количество малых сельских населенных пунктов (до 100 человек) составляет 365 ед. или 23% от общего количества сельских населенных пунктов. В них проживает 16,3 тыс. человек, что составляет 1,5 % сельского населения. Для обеспечения электрической энергией указанного сельского населения используются линии электропередачи большой протяженности.

Существующая технология электроснабжения на основе радиальных незарезервированных цепей 6/10 кВ ненадежна, требует повышенных затрат материальных и трудовых ресурсов на создание и эксплуатацию. Длина воздушных линий электропередачи составляет до нескольких десятков километров, среднегодовая нагрузка понижающих трансформаторов, установленных в конце прошлого века – 3÷4 %, фактические потери электроэнергии в таких сетях соизмеримы с полезным потреблением.

В литературе отмечается, что вопросы преобразования в коммунальной энергетике обсуждаются на различных уровнях власти и при этом требуется изменение механизмов управления и функционирования как отрасли в целом, так и ее структурных единиц - энергопредприятий [4].

В последнее время на внутреннем рынке появилось большое число надежных и относительно дешевых энергетических установок различного типа, а также специализированных организаций, обеспечивающих весь жизненный цикл установки (проектирование – сооружение – обслуживание). В таких условиях возможно сооружение энергетических установок с оптимальными (для каждого конкретного случая) набором оборудования и заранее известными техническими и стоимостными показателями, что обеспечивает доверие потенциальных инвесторов [3].

Совместное использование суммарного эффекта от энергосберегающих архитектурно-планировочных решений и применения возобновляемых топливно-энергетических ресурсов для систем жизнеобеспечения зданий позволяет выйти на более низкий уровень энергопотребления при сохранении комфортного внутреннего микроклимата.

Выполненный в 2009 году в Алтайском государственном техническом университете имени И.И. Ползунова сравнительный анализ суммарных затрат на создание и эксплуатацию новой технологии электроснабжения и существующей централизованной системы свидетельствует о том, что подобные гибридные системы способны решить проблемы электроснабжения объектов в сельской местности, находящихся на расстоянии нескольких десятков километров от центров электрической нагрузки. С помощью подобных гибридных систем можно осуществлять электроснабжение как отдельных зданий, так и небольших сельских поселений даже на территориях с умеренными запасами ветровой энергии, характерными для юга Западной Сибири.

Внедрение на территории Алтайского края возобновляемых источников энергии создаст благоприятные перспективы решения энергетических, социальных и экологических проблем в будущем.

Список использованных источников:

1. Федянин В. Я. Инновационные технологии для повышения эффективности Алтайской энергетики [Текст]: монография / В. Я. Федянин, В.А. Мещеряков. - Барнаул: Изд-во ААЭП, 2010. – 192 с.
2. Энергетическая стратегия Алтайского края на период до 2020 года: цели, приоритеты и задачи развития ТЭК [Текст] / А.М. Карасевич, А.Б. Карлин и др. - М: Страхование ревю, 2009. – 136 с.
3. Распределенное производство энергии [Текст] / В.М. Зайченко, А.Д. Цой, В.Я. Штеренберг. – М: БуКос, 2008. – 207 с.
4. Булавин И.В. Автореферат диссертации по теме «Организационно-экономическое обоснование преобразований в коммунальной энергетике». – Вологда, 2003.
5. Указ Губернатора Алтайского края от 25 июня 2015 года № 63 «Об утверждении схемы и программы «Развитие электроэнергетики Алтайского края» на 2016-2020 годы».