

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В АЛТАЙСКОМ КРАЕ НА ОСНОВЕ ОПЫТА ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

Каримжанова Ж. С. – студент, Сабельников А. С. – студент,

Бахтина И. А. – к.т.н., доцент

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

После мирового энергетического кризиса в 70-х прошлого столетия в Европе и в мире начали развиваться энергоустановки на основе возобновляемых и нетрадиционных источников энергии. Одним из типов таких установок являются биоэнергетические установки. Биоэнергетика – это производство энергии из биотоплива. Существуют различные виды биотоплива: жидкое (метанол, этанол, дизельное топливо), твёрдое (дрова, пиллеты, солома), газообразное (метан, водород).

Биогаз получается в результате анаэробного сбраживания твёрдых бытовых отходов (на свалках и мусорохранилищах), сточных вод и их осадков (на очистных сооружениях), отходов растениеводства и животноводства (на различных сельхозперерабатывающих предприятиях, животноводческих и птицефермах и т.д.). Таким образом, биогаз возможно получить из отходов сельскохозяйственного производства, которые необходимо складировать или утилизировать. Необходимо отметить, что складирование сельскохозяйственных отходов влечёт за собой ряд экологических проблем: окисление почв, отчуждение сельскохозяйственных земель для хранения навоза, загрязнение грунтовых вод при инфильтрации в почву, выбросы в атмосферу газов, образующихся при хранении отходов (метана, углекислого газа) и другое. Применение биоэнергетических установок позволяет не только получить эффективный источник энергии из различных отходов – биогаз, но и решить ряд экологических задач. Также в результате анаэробного сбраживания получается как газовая фаза – биогаз, так твёрдая фаза, которая представляет собой эффективное органоминеральное удобрение.

По своему составу и теплотворной способности биогаз сопоставим с природным газом. По теплоте сгорания 1 м³ биогаза эквивалентен: 0,8 м³ природного газа; 0,7 кг мазута, 0,6 кг бензина; 1,5 кг дров; 3 кг навозных брикетов. Выход биогаза зависит от многих факторов: типа сырья, условий сбраживания (температуры, перемешивания), крупности исходного сырья, соотношения углерода, фосфора, азота и других элементов и т.п. Выход биогаза в зависимости от типа сырья представлен в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Выход биогаза в зависимости от типа сырья

Тип сырья	Выход биогаза (м ³ на 1 кг сухого вещества)	Выход биогаза (м ³ на 1 тонну при влажности 85 %)
Навоз КРС	0,25 – 0,34	38,0 – 51,5
Свиной навоз	0,34 – 0,58	51,5 – 88,0
Птичий помёт	0,31 – 0,62	47,0 – 94,0
Конский навоз	0,20 – 0,30	30,3 – 45,5
Овечий навоз	0,30 – 0,62	45,5 – 94,0
Ботва картофеля	0,42	60,0
Солома пшеничная	0,342	58,0
Стебли кукурузные	0,42	53,0
Подсолнечная шелуха	0,30	60,0
Домашние отходы и мусор	0,60	50,0
Осадки сточных вод	0,57	70,0

В странах Европейского Союза накоплен успешный опыт использования биогазовых установок. По данным «Ассоциации биогаза» (Германия) на настоящий момент в Европе

имеется 2200 биогазовых установок на отходах сельскохозяйственных ферм. Применение данных установок в европейских странах представлено на рисунке 1.

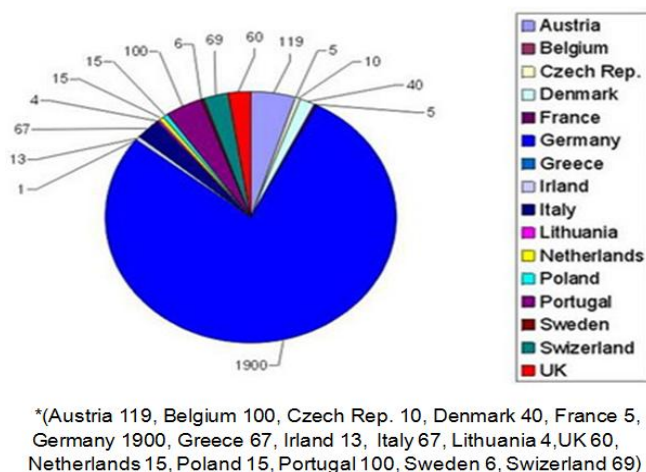


Рисунок 1 – Применение биогазовых установок в странах Европейского союза

Как следует из рисунка 1, лидером по применению биогазовых установок является Германия. В России актуальность применения биогазовых установок обусловлена следующим:

1) становится актуальной проблема утилизация навоза животноводческих предприятий и птицефабрик в связи с вступлением России в ВТО, ввиду того, что Европейское право (Директива 96/61/ЕЕВ) очень жестко ограничивает действие больших сельскохозяйственных предприятий, в том числе уменьшения отходов и ограничения выброса опасных газов в атмосферу, снижения сбросов в водную и почвенную среду;

2) согласно требованиями регламента ЕС 1774/2002 необходима термическая переработка отходов животноводства с целью исключения риска распространения патогенных микроорганизмов и повышения эффективности последующей переработки отходов путём сбраживания.

Алтайский край является сельскохозяйственным регионом. Согласно оценкам экспертов энергия биомассы в Алтайском крае оценивается: валовый потенциал – 0,8 т усл. топлива/год; технический потенциал – 0,3 т усл. топлива/год; экономический потенциал – 0,2 т усл. топлива/год. Основным способом использования биогаза является его сжигание в паровых и водогрейных котлах. За счёт использования биогаза Алтайский край может удовлетворить в среднем 20 – 25 % потребителей газового топлива.

В настоящее время интерес к биогазовым установкам растёт, чему способствует высокая стоимость энергоресурсов и удобрений. Их внедрение позволит решить многие энергетические и экологические задачи Алтайского края. Однако для повсеместного распространения биогазовых установок необходимо создание на территории региона соответствующей инженеринговой инфраструктуры, включающей в себя комплекс предприятий по проектированию, монтажу и сервису биогазовых установок [2]. В настоящее время сделаны уже первые шаги в этом направлении: в марте 2016 года в Бийском бизнес-инкубаторе был проведён круглый стол «Биогаз: перспективы применения в Алтайском крае», где были обсуждены проблемы и возможные пути их решения для развития биоэнергетики в Алтайском крае, разработан проект биогазовой установки на ЗАО «Алтайский бройлер».

Список использованных источников:

1. Малофеев В.М. Биотехнология и охрана окружающей среды: Учебное пособие. – М.: Издательство Арктос, 1998. – 188 с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГОУСТАНОВОК В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Кудишин А. А. – студент, Зубов С. А. – студент, Бахтина И. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Алтайский край является дотационным в плане электроэнергии. Собственной генерируемой электроэнергии на ТЭЦ недостаточно, поэтому около 40 % электроэнергии Алтайский край получает из Объединенной Энергетической системы Сибири, в которую он входит. В Алтайском крае имеется достаточно большое количество населённых пунктов, не имеющих централизованного электроснабжения. Также в регионе активно развиваются рекреационные и туристические зоны, и для жизнеобеспечения туристических комплексов и зон отдыха, безусловно, необходимо электроснабжение. Однако, как правило, туристические комплексы и базы отдыха находятся в отдалении от централизованных электрических сетей. Поэтому к существующим электрическим сетям подключится невозможно ввиду отсутствия технической возможности или ввиду отсутствия самих централизованных сетей и природных условий. Одним из путей решения обеспечения электроснабжения удалённых потребителей является использование автономных энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии.

По оценкам экспертов для Алтайского края одним из перспективных направлений развития возобновляемой энергетики является применения ветроэнергетических установок. Как известно, оценка возможности ветроэнергетического потенциала начинается с анализа скорости ветра и его повторяемости по градациям.

Климат Алтайского края относится к резко континентальным с частой сменой воздушных масс, сопровождающейся ветром. Воздушные массы поступают с Атлантики, Арктики, Восточной Сибири и средней Азии.

На территории Алтайского края преобладает юго-западное направление ветров благодаря наличию горного барьера. Скорости ветра юго-западного и западного направлений выше из-за равнинного характера рельефа [1].

Среднегодовые скорости ветра для различных населённых пунктов Алтайского края и республики Алтай за период 2007 по 2016 год рассчитаны на основании [2] и представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Среднегодовые скорости ветра для населённых пунктов Алтайского края и республики Алтай

Наименование пункта	Среднегодовая скорость ветра, м/с	Наименование пункта	Среднегодовая скорость ветра, м/с
Алейск	3,2	Катанда	2,4
Барнаул	3,2	Кош-Агач	2,8
Беля	3,6	Онгудай	1,9
Бийск	2,9	Родио	3,8
Горно-Алтайск	2,9	Рубцовск	3,9
Змеиногорск	3,9	Славгород	4,2
Камень-на-Оби	4,0		

Сравнивая данные последних лет наблюдений с [3] видно, что наблюдается увеличение среднегодовых скоростей ветра.

Для крупномасштабного производства электрической энергии с помощью ветроэнергоустановок экономически целесообразно на территориях со среднегодовыми скоростями ветра более 6 м/с. Как следует из данных таблицы 1, таких районов в Алтайском

крае нет. Однако, для малых ветроэнергоустановок мощностью 30 – 50 кВт необходимы скорости ветра более 3,5 м/с.

По данным таблицы 1 наиболее перспективными для развития ветроэнергетики являются северо-западные (Славгород, Камень-на-Оби), юго-западные (Рубцовск, Змеиногорск, Родино) районы Алтайского края.

Ввиду сравнительно небольших среднегодовых скоростей ветра (не превышающих 4,2 м/с) для ветроэнергетики целесообразно использовать ветроэнергоустановки с вертикальной осью вращения, которые начинают работать даже при небольших скоростях ветра. Поэтому в Алтайском крае в составе автономных систем электроснабжения целесообразно применять малые ветроэнергоустановки с вертикальной осью вращения.

Список использованных источников:

1. Краткая информация об Алтайском крае [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.altairegion22.ru/territory/info/>.
2. Климат городов России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.atlas-yakutia.ru/weather/climate_russia-432.php
3. Никольченко Ю.Н., Сухова Н.Г. Ветроэнергетический потенциал Алтайского края, как составляющая устойчивого развития региона / Вестник ТГУ, т.18, вып. 2, 2013. – С. 663 – 667.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОПЫТА СТРАН ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

Тесля Е. В. – студент, Лузянина А. В. – студент, Бахтина И. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Возобновляемая энергетика в настоящее время это не только дань моде, но и во многих случаях один из самых эффективных методов решения проблем электро-, тепло- и хладоснабжения.

Одним из таких решений является применение тепловых насосов. Тепловые насосы известны давно и считаются эффективным. В настоящее время их рассматривают как следующий шаг в развитии систем отопления и кондиционирования, ориентированных на повышение энергоэффективности и соблюдения качества окружающей среды.

В зависимости от оперативных функций тепловые насосы классифицируют на следующие категории:

- 1) тепловые насосы только для отопления, применяемые для обеспечения комфортной температуры в помещении и/или приготовления горячей воды;
- 2) тепловые насосы отопительные и холодильные, применяемые для кондиционирования помещений в течение всего года;
- 3) интегрированные системы на основе тепловых насосов, обеспечивающие отопление помещений, охлаждение, приготовление горячей воды и иногда утилизацию отводимого воздуха.

Европейские страны давно и успешно используют тепловые насосы. Лидером по использованию тепловых насосов является Швеция. Первым городом, который перевели на отопление тепловыми насосами, стал Стокгольм. Почти вся шведская столица обогревается за счет морских тепловых насосов. В настоящее время 95 % систем отопления страны – системы с тепловыми насосами. На втором месте находится Финляндия, где около 90 % всех систем отопления выполнено на базе тепловых насосов. Третье место занимает Германия. Также тепловые насосы успешно применяются в Англии, Франции, Италии и других европейских странах.

В нашей стране тепловые насосы только «завоёвывают» потребителей. Наиболее целесообразно использовать тепловые насосы в системах отопления.

Тепловой насос, применяемый в системах отопления, имеет следующий принцип работы (рисунок 1):

1) в корпусе насоса расположен замкнутый контур, по которому циркулирует хладагент;
2) во внешнем блоке расположен испаритель, который контактирует с источником низкопотенциального тепла (земля, вода, воздух); хладагент испаряется, при этом происходит поглощение тепла;

3) газообразный хладагент подаётся в компрессор, где за счёт нагнетания рабочего давления хладагент нагревается до температуры более 100 °С. В компрессоре установлен переходный клапан, через который хладагент под давлением распыляется в конденсатор;

4) в конденсаторе происходит конденсация хладагента, при этом выделяется большое количество тепловой энергии. Конденсатор представляет собой теплообменник, поэтому при конденсации хладагента происходит нагрев теплоносителя, который циркулирует в системе отопления.

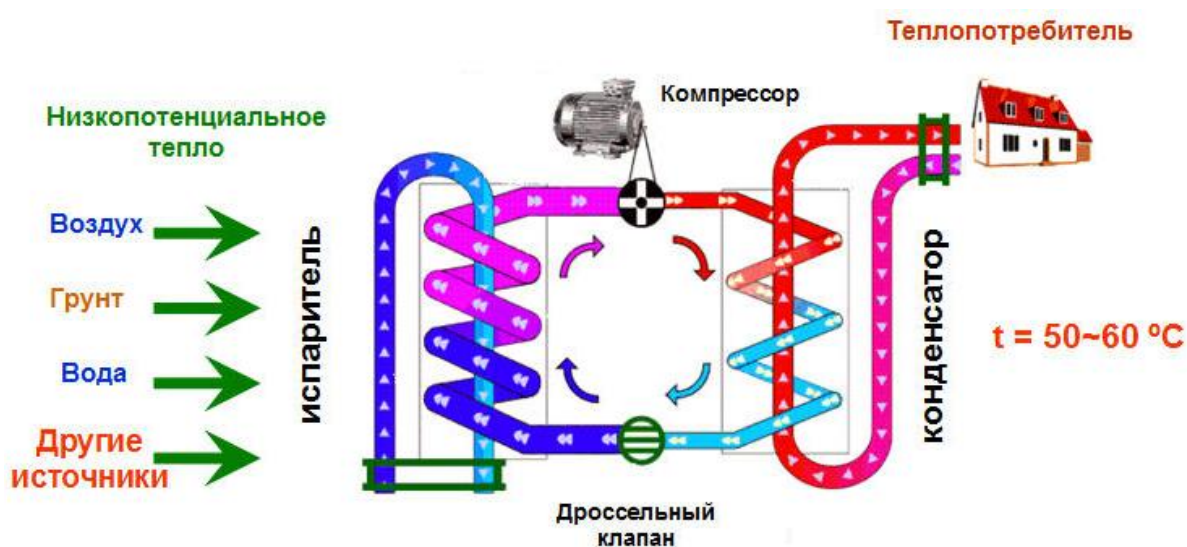


Рисунок 1 – Принцип действия теплового насоса

Тепловой насос на 1 кВт потреблённой электроэнергии выдаёт около 3 – 5 кВт тепловой энергии.

Ввиду того, что температура теплоносителя, получаемого при нагреве в тепловых насосов составляет 50 – 60 °С, то в системах отопления лучше применять напольные радиаторы или радиаторы с большой теплоотдачей.

В настоящее время в г. Барнауле возрастает необходимость проектирования систем отопления зданий с применением тепловых насосов. В частности, при строительстве коттеджных посёлков для их благоустройства необходимо строить детские сады, школы, а возможности проложить централизованные тепловые сети в данные районы отсутствуют и/или экономически нецелесообразно. Поэтому в данных случаях применение автономных систем отопления с тепловыми насосами становится наиболее целесообразным решением.

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Аджигов Х. Ф. – студент, Панарин И. И. – студент, Бахтина И. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Возобновляемая и нетрадиционная энергетика в настоящее время рассматривается как перспективное направление ввиду истощаемости углеводородных природных ресурсов (нефть, газ, уголь). Особенно актуально развитие возобновляемой энергетике для тех стран, в которых мало запасов углеводородного топлива. Одной из таких стран является

Республика Таджикистан. Ввиду природных условий и расположения республики одним из самых перспективных направлений является развитие солнечной энергетики. По предварительным оценкам за счёт использования солнечной энергетики в республике возможно удовлетворить 10 – 20 % спроса на энергоносители

Республика Таджикистан расположена между 37 и 41 градусами северной широты и полностью входит в так называемый «мировой солнечный пояс» (45° с.ш. – 45° ю.ш.). По данным статистических наблюдений количество солнечных дней в году в республике составляет в среднем 280 – 330, интенсивность солнечной радиации в большинстве районов достигает 1000 Вт/м², а годовая сумма радиации превышает 2000 кВт/м². Количество годовой суммарной радиации в Таджикистане в два раза больше, чем в средней полосе Европы, где использование солнечной энергии носит самый широкий характер.

КПД солнечных установок (элементов) в настоящее время невелики и составляют 12 – 18 %. Однако, ввиду сравнительно большого потенциала солнечной энергетики, даже при низком КПД солнечных элементов за счёт энергии Солнца можно обеспечить общие потребности населения на 60 – 80 % в течение, по меньшей мере, десяти месяцев в году на всей территории Таджикистана. Поэтому в программах развития электроэнергетики Республики Таджикистан развитие солнечной энергетики рассматривается как наиболее перспективное направление.

Основными исходными данными для оценки потенциала солнечной энергетики и выбора наиболее оптимального места для размещения солнечной электростанции (СЭС) является количество суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, которые являются справочными данными [1]. Для Республики Таджикистан они приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, для характерных районов Республики Таджикистан

Город, пункт	месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VI I	VII I	IX	X	XI	XII
Кайрак-Кумское водохранилище	216	280	418	561	722	833	839	760	601	408	245	164
Курган-Тюбе	188	268	389	528	691	812	837	823	616	427	264	172
Ледник Федченко	272	354	532	718	846	917	892	754	654	458	316	243

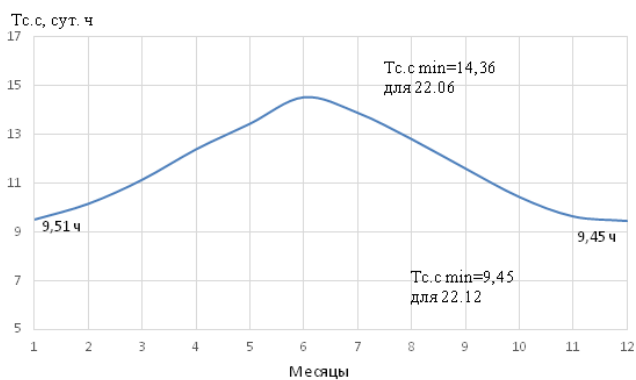
Однако для выбора наиболее оптимального района для размещения СЭС необходимо оценить продолжительность солнечного сияния в течение суток за месяц и за год. Методика расчёта изложена в [2]. Исходными данными являлись суммарная солнечная радиация, представленная в таблице 1 и координаты расположения районов (таблица 2).

Таблица 2 – Координаты характерных районов Республики Таджикистан

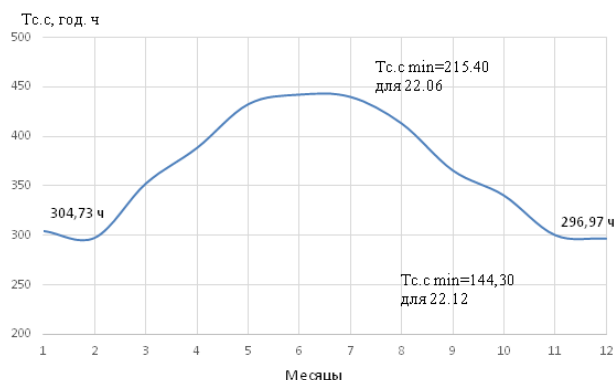
Район	Широта	Долгота
Кайрак-Кумское водохранилище	41°15'44" с.ш.	69°47'28" в.д.
Курган-Тюбе	37°50'02" с.ш.	68°46'54" в.д.
Ледник Федченко	39° 15' 37" с.ш.	72,2°46'54" в.д.

По методике, изложенной в [2] были произведены расчёты склонения солнца δ , часового угла солнца ω и продолжительности солнечного сияния в течение суток T_c в точке А с координатами (ϕ , ψ) в рассматриваемые сутки по месяцам и в течение года. По

результатам выполненных расчётов для всех вышеприведённых характерных районов Республики Таджикистан построены зависимости, представленные на рисунках 1 – 3.

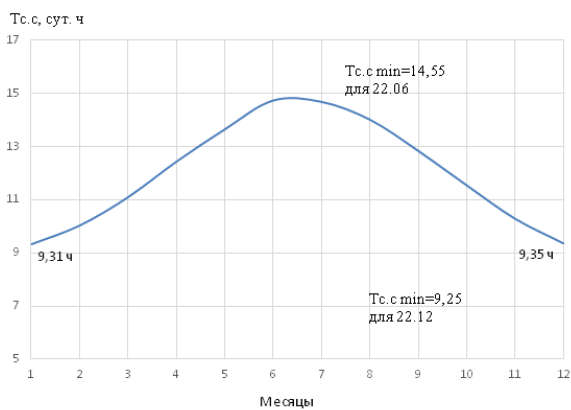


а)

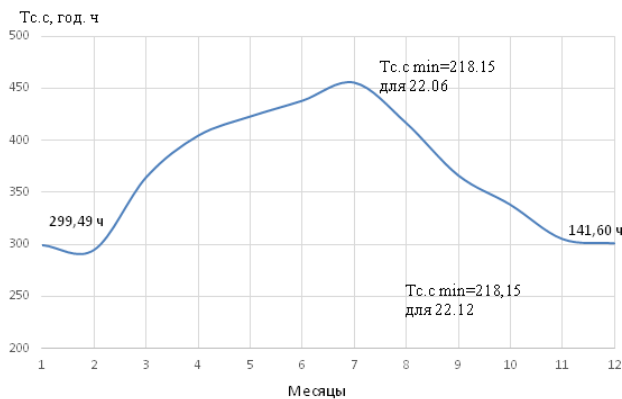


б)

Рисунок 1 – График продолжительности солнечного сияния для Курган-Тюбе: а) за месяц, б) за год

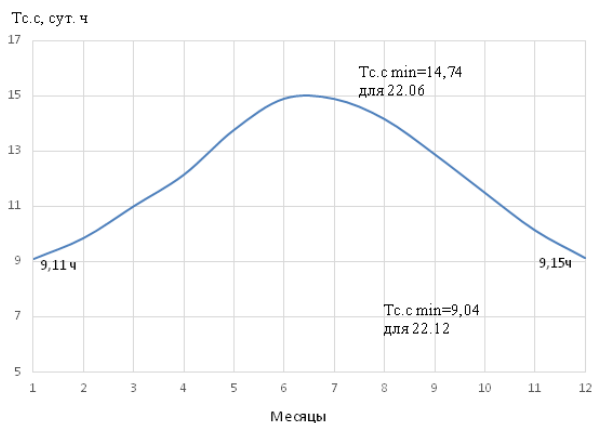


а)

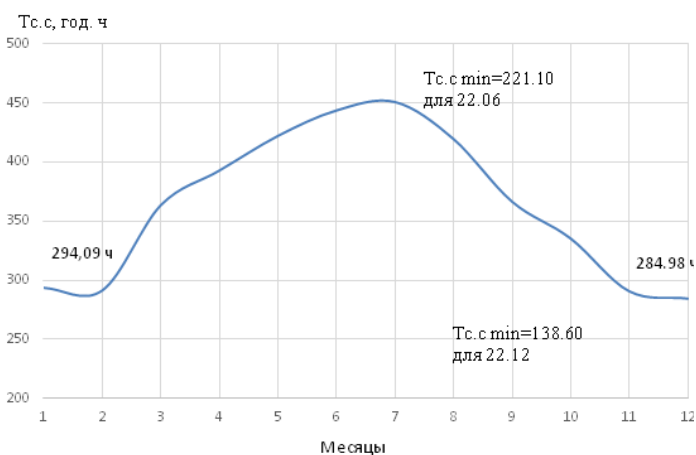


б)

Рисунок 2 – График продолжительности солнечного сияния для Ледника Федченко: а) за месяц, б) за год



а)



б)

Рисунок 3 – График продолжительности солнечного сияния для Кайрак-Кумского водохранилища: а) за месяц, б) за год

Сравнение общегодовой продолжительности солнечного сияния на основании произведённых расчётов представлено на рисунке 4.

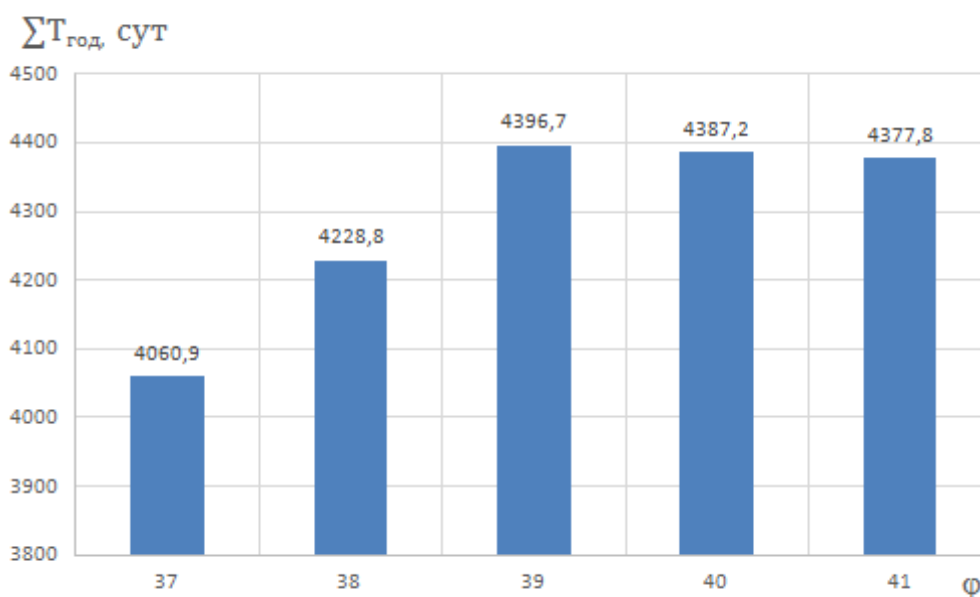


Рисунок 4 – Общегоодовая продолжительность солнечного сияния

Как видно из рисунков 1 – 4 наибольшая продолжительность солнечного сияния за месяц и за год достигается для Ледника Федченко (39° 15' 37" с.ш., 72,2°46'54" в.д.), т.е. именно данную широту следует рассматривать как наиболее оптимальную для размещения солнечных энергоустановок.

Список использованных источников:

1. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. *Свод правил по проектированию и строительству.* – Москва, 2004.
2. Солнечная энергетик: учеб. пособие для вузов / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин, под ред. В.И. Виссарионов. –М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 276 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Бахтина И. А – студент, Гольев М. И. – студент, Соколова В. В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Система теплоснабжения России является одной из крупнейших систем. В настоящее время во всех системах теплоснабжения подключение систем горячего водоснабжения и отопления потребителей к центральным тепловым сетям осуществляется через центральные тепловые пункты. При этом возможно отметить следующие основные проблемы:

- 1) большая протяжённость и разветвлённость сетей от центральных тепловых пунктов до потребителей, что обуславливает большие потери тепла при транспортировке теплоносителя и приводит к перерасходу топливных ресурсов при подготовке теплоносителя на ТЭЦ или котельных;
- 2) сложность автоматизации отбора теплоносителя в центральных тепловых пунктах, что приводит к неэффективному отбору тепла, неоптимальным режимам работы тепловых сетей, ТЭЦ или котельных и снижает надёжность их работы;
- 3) трудности стабильного режима работы тепловых сетей в переходные периоды и отсутствие резерва при необходимости повышения параметров теплоносителя в холодные периоды;

4) невозможность эффективного регулирования подачи теплоносителя в системах отопления потребителей, что приводит к перерасходу теплоносителя, т.к. возникают «перетопы» или понижение температуры в помещениях, кроме этого создаются некомфортные условия пребывания людей в зданиях;

5) невозможность экономии теплоносителя в административных зданиях и учебных заведениях за счёт понижения теплового режима в выходные и праздничные дни, что также приводит к перерасходу теплоносителя, а, следовательно, топливных ресурсов на ТЭЦ или котельных;

б) сложности с расчётом потерь тепла при транспортировке теплоносителя, что приводит к проблемам правильной оплаты потреблённой тепловой энергии.

В европейских странах, странах Скандинавии, Прибалтики уже практически повсеместно перешли на установку автоматизированного индивидуального теплового пункта (АИТП) в каждом здании, подключённом к центральным тепловым сетям.

В нашей стране установка АИТП началась в единичных зданиях с 1989 г. (клиники «Микрохирургии глаза» в 11 регионах России). В настоящее время во многих регионах, особенно при новом строительстве, в основном ориентируются на установку АИТП в зданиях. Также установка АИТП применяется при реконструкции систем отопления как мероприятие позволяющее повысить энергоэффективность систем.

На основе анализа опыта установки АИТП можно отметить следующие преимущества:

1) за счёт более гибкого регулирования потребляемого тепла и сокращения протяжённости тепловых сетей снижается общая нагрузка теплоснабжающих предприятий приблизительно на 25 %, что позволяет снизить расход топлива на ТЭЦ или котельных для производства тепловой энергии и, как следствие, уменьшить выброс парниковых газов;

2) снижение нагрузки на ТЭЦ, котельные и тепловые сети позволяет повысить срок их эксплуатации, повысить их надёжность и увеличить нормативные сроки службы оборудования.

Более значительный эффект достигается при установке АИТП с «погодозависимой» системой автоматики. В таких системах имеется возможность гибкого регулирования температуры теплоносителя, а, следовательно, температуры внутри помещения в зависимости от температуры наружного воздуха. В современных АИТП системы автоматики позволяют производить регулирование температуры теплоносителя, поступающего в здание в зависимости от времени суток и выходных дней. Таким образом, в административных зданиях и в учебных заведениях возможно поддерживать минимальную температуру в помещениях в ночное время и во время выходных дней с восстановлением комфортной температуры к моменту начала рабочего времени. Это позволяет достичь дополнительную экономию тепловой энергии на 20 – 30 %.

В настоящее время в России реализованы не только единичные проекты установки АИТП, но и большие проекты (например установка 43 АИТП в микрорайоне Ново-Ленинский в г. Иркутске). Реализация данных проектов свидетельствует о существенном снижении энергопотребления (на 25 – 40 %) и решению многих проблем, связанных с распределением теплоносителя через центральные тепловые пункты, которые были описаны выше.

Однако, не смотря то, что замена центральных тепловых пунктов на АИТП является энергоэффективной технологией, в настоящее время в массовом масштабе она не применяется. Это объясняется следующими причинами:

1) отсутствие законодательной базы, а, именно программ оснащения АИТП существующих зданий и новой редакции свода Правил по проектированию АИТП в качестве руководящего документа значительной силы, позволяющего более эффективно и с меньшими затратами устанавливать АИТП в зданиях;

2) отсутствие единых технологических и схемных решений АИТП, которые позволяют их рассматривать как готовое сертифицированное оборудование и добиться наименее затратными способами необходимой энергоэффективности при их внедрении.

ВОПРОСЫ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЯХ

Морозов Р.В. – студент, Николаев А.М. – к.т.н., доцент

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

Энергоэффективность и энергосбережение входят в 5 стратегических направлений приоритетного технологического развития, обозначенных президентом РФ на заседании Комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики России и указанных в Федеральном законе № 28 – ФЗ от 13.06.1996 г. Так, промышленность потребляет более 60% добываемого органического топлива и порядка 70 % всей производимой электроэнергии.. Коэффициент эффективного преобразования исходной энергии в технологических процессах (в дальнейшем - теплотехнологиях) невысок и находится в пределах 30-40 % [1]. Поэтому необходим системный подход для разработки энергоэффективных теплотехнологий от исходного сырья до получения готовой продукции, рассматривая теплотехнологии как единые системы с применением наиболее оптимального комплекса энерго- и ресурсосберегающих технологий с положительным соотношением получаемой выгоды и капитальными затратами.

Рассмотрим, например, термовлажностные и низкотемпературные технологические системы на примере конвективной сушки материалов, которая может входить как одно из звеньев других технологий. Сушка обладает относительно высокой энергоемкостью. Затраты ТЭР на сушку составляют порядка 10 - 12% всех энергозатрат в промышленности и сельском хозяйстве при относительно невысоких (порядка 30 ... 35%) величин КПД..

Технологические процессы конвективной сушки различных материалов можно разложить на следующие этапы:

1) предварительный, на котором производится подготовка сушильного агента и материала для сушки;

2) основной, в котором протекает сама сушка;

3) завершающий, в которую, собственно входят использование способов экономии ТЭР, регенерация теплоты уходящего сушильного агента, рециркуляция (не является вторичным энергетическим ресурсом ВЭР), утилизация ВЭР, улавливание экологически вредных побочных продуктов и т.д. На каждом из указанных этапов тоже существуют способы повышения эффективности сушилок, основанных на теории сушки. Здесь важен материальный и тепловой балансы процесса для определения расходов сушильного агента и необходимой теплоты, что позволяет оценить тепловую эффективность сушилки. Знание кинетики сушки позволяет выявить методы физического воздействия на скорость процесса, что, в конечном итоге, позволит уменьшить его длительность, увеличить производительность по готовому продукту, а следовательно, увеличить экономию первичной энергии.

Энергосберегающие технологии можно распределить на несколько составляющих:

1) Определение тепловой схемы установки, температуры сушильного агента, его скорости, направления относительно поверхности сушимого материала, регенерации теплоты отработавшего сушильного агента, оптимизация схем подвода теплоты и др.

2) Интенсификации внешнего и внутреннего тепло- и массопереноса в сушимом материале, использование способов увеличения скорости сушки и методов управления ею.

3) Применение нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, с целью снижения потребления органического топлива – использование солнечной и ветровой энергии в сушильных технологиях, применение конденсационных теплоутилизаторов и регенеративных теплообменников, тепловых насосов, возможность периодического изменения направления потоков сушильного агента.

Приведенные составляющие повышения КПД конвективных сушильных установок хоть и не полон, но и он дает представление о перспективах поиска рациональных и оптимальных способов организации сушильных технологий.

С другой стороны, внедрение перечисленных выше технологий потребует применения дополнительного оборудования, требующего капитальных и эксплуатационных затрат, что снизит ожидаемый экономический эффект, а то и вовсе сведет его к нулю. Поэтому необходимо проведение комплексного технико – экономического анализа внедряемых технологий.

Материал данной публикации в какой-то мере является обобщением работ по повышению энергоэффективности конвективной сушильной установки для сушки синтетических нетканых материалов. В результате анализа различных энергосберегающих мероприятий была предложена оптимальная комбинированная схема с тремя технологиями энергосбережения – частичной рециркуляции отработавшего сушильного агента (воздуха), теплонасосной установки (ТНУ) и конденсационного теплоутилизатора (рис. 1).

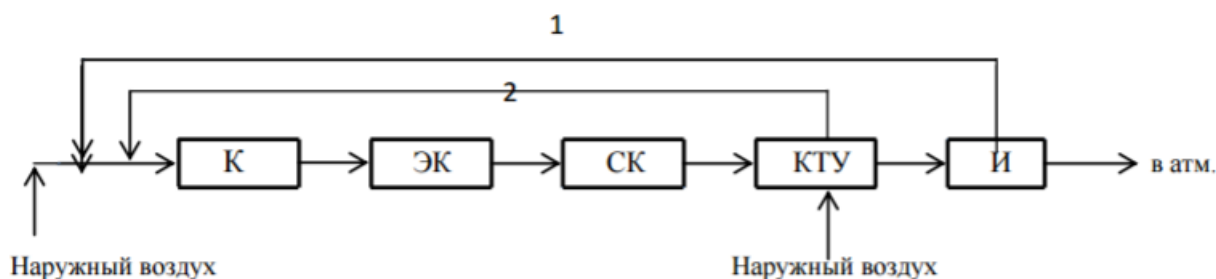


Рисунок 1 - Принципиальная схема комбинированной сушильной установки
 К – конденсатор ТНУ; ЭК – электрокалорифер; СК – сушильная камера; КТУ – конденсационный теплоутилизатор; И – испаритель ТНУ;
 1 – воздухопровод рециркуляции осушенного отработавшего воздуха от испарителя ТНУ;
 2 – воздухопровод подогретого наружного воздуха.

Из приведенной схемы видно, что часть потока наружного воздуха подогревается в КТУ и направляется в ЭК. Туда же направляется часть осушенного в испарителе ТНУ отработавшего воздуха в количестве, определяемым коэффициентом рециркуляции. Таким образом реализована часть «Третьей группы методов» энергосбережения. Реализация «Второй группы методов» свелась к экспериментально обоснованному способу взаимодействия сушильного агента и сушимого материала – «просасыванию» сушильного агента сквозь сушимый материал, обладающий пористой структурой. В результате – интенсификация тепло- и массообмена в процессе сушки. Реализация «Первой группы методов» в основном свелась к выбору тепловой схемы, режимных параметров сушки: температуры, скорости сушильного агента, схемы взаимодействия последнего с сушимым материалом, коэффициента рециркуляции и управление конечным влагосодержанием.

В результате предложенная схема сушки с тремя технологиями энергосбережения позволила получить экономию электроэнергии до 30 – 35% в зимний период и до 40 – 45% в летний по сравнению с базовым вариантом сушки за счет использования электрических нагревателей (ТЭНов).

УВЕЛИЧЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ СТОЧНЫХ ВОД КОС-1 г. БАРНАУЛА

Борисеевич И. О. – студент, Перфильева А. А. – студент, Иванова Т.Ю. – студент, Григорьев А. В. – технический директор ООО «Алтайский центр энергосбережения» Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Алтайский край является дотационным регионом в плане электроэнергии в связи с тем, что потребляемая мощность его не покрывается вырабатываемой. Электростанции, ориентированные только на производство электроэнергии отсутствуют. В частности, в Барнауле есть две действующие ТЭЦ, цель которых обеспечить город не только

электроэнергией, но и горячей водой. Следовательно, вся недостающая энергия берется из других регионов, что делает ее дороже.

Также потребление электроэнергии и тарифы на нее растут с каждым годом [1, 2]. Например, с 2010 года стоимость одного кВт/ч выросла на 1,14 руб, что, в свою очередь, делает проблему энергосбережения острее. Для решения этой проблемы применяют следующие меры: уменьшение потерь путем улучшения качества оборудования подстанций и сетей, улучшенный контроль потребления; модернизация технологического процесса и оборудования предприятий с более высокими параметрами энергоэффективности.

Но энергоэффективности можно добиться и другим способом: производство электроэнергии сразу на предприятии, не нарушая при этом технологического процесса.

В Барнауле находятся две канализационные очистные станции: КОС-1 и КОС-2. Расположение сброса стоков на КОС-1 относительно места приема очищенной воды дает перепад высот, достаточный для того, чтобы преобразовать энергию падающей воды в электрическую.

Для реализации энергетического потенциала очистных стоков предлагается установить мини-ГЭС, расчетная мощность на выходах с генераторов которой составляет 500кВт.

Полученную энергию рациональнее всего передавать на собственные нужды той же очистной станции по нескольким причинам:

- возможность экономии на покупке электроэнергии;
- меньшее расстояние для передачи энергии, следовательно меньшие потери;
- для выдачи энергии в сеть нужно решить некоторые юридические вопросы, что является лишними трудозатратами.

Предлагаемая система представляет собой две одинаковые турбины, работающие каждая от своего стока и соединенные с валом ротора асинхронных генераторов, которые в свою очередь выработанную энергию подают на выпрямительные устройства. С выпрямительных устройств через общую шину постоянного тока энергия подается на инвертор, который преобразует постоянное напряжение в необходимое переменное.

Преимуществами такой системы являются:

- дешевизна относительно подобной системы с синхронными генераторами или генераторами постоянного тока;
- простота в установке и эксплуатации;
- отсутствие в необходимости установки сложной системы регулирования качества электроэнергии и переключения балластной нагрузки. В связи с применением шины постоянного тока и инвертора, энергия на выходе будет строго необходимого значения, и вся будет потребляться на нужды КОС-1.

Каждый день очистная станция сбрасывает около сотни тысяч кубометров воды, энергия которой никем не используется. Установка мини-ГЭС увеличит уровень энергоэффективности станции и снабдит ее бесплатной электроэнергией.

Список использованных источников:

1. Главное управление экономики и инвестиций Алтайского края. Решение от 16 декабря 2009г. №200 «Об установлении тарифов на электрическую энергию (мощность), поставляемую потребителям ОАО "АЛТАЙЭНЕРГОСБЫТ", ОАО "АЛТАЙКРАЙЭНЕРГО", ОАО "БАРНАУЛЬСКАЯ ГОРЭЛЕКТРОСЕТЬ", ЗАО "БИЙСКЭНЕРГОСБЫТ", ООО "РУСЭНЕРГОСБЫТ", ООО "ЗАРИНСКАЯ ГОРОДСКАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ" и сбытовых надбавок гарантирующих поставщиков на 2010 год.»

2. Главное управление экономики и инвестиций Алтайского края. Решение от 7 декабря 2016 г. № 447 «Об установлении цен (тарифов) на электрическую энергию для населения и приравненным к нему категориям потребителей на территории Алтайского края на 2017 год.»

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ ДЛЯ МИКРО-ГЭС, РАЗРАБОТАННАЯ НА КАФЕДРЕ ТГиВВ

Татьянкин В. А. – студент, Трутнев П. В.- аспирант, Иванов В. М.- д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для решения проблемы электроснабжения и энергосбережения автономных потребителей децентрализованных, труднодоступных и удаленных районов, на кафедре ТГиВВ разработана система автоматического управления нагрузкой, являющейся частью микро-ГЭС с осевой гидротурбиной.

Устройство относится к малой гидроэнергетике и может быть использовано для подачи электроэнергии потребителю требуемого качества. Новая конструкция данного устройства позволяет осуществлять контроль качества электроэнергии с более высокой точностью и более широким диапазоном регулирования, что делает данное устройство универсальным в использовании. Также достоинством устройства является относительная дешевизна электронных компонентов.

Основные характеристики системы автоматического управления нагрузкой: мощность – до 15 кВт, максимальный общий КПД – (95 – 98) %, выходное напряжение – 220В, частота – 50Гц.

Данное устройство включает в себя следующие компоненты: IGBT-транзисторы; диодные мосты; оптодрайверы IGBT-транзисторов; блок питания оптодрайверов; блок питания контроллером и сопутствующих цепей, контроллер, амплитудный детектор, трансформаторы напряжения.

Система автоматического управления работает следующим образом: силовые цепи с генератора подходят к конденсаторам, благодаря чему происходит возбуждение. Далее через автомат напряжение поступает на трансформаторы, которые в данной схеме являются своего рода датчиком, на их выходе формируется пониженное переменное напряжение, которое изменяется пропорционально входному сетевому напряжению. Далее пониженное напряжение поступает на амплитудный детектор, которое выполнено в виде дискретных элементов, и которое формирует постоянное напряжение, равное приблизительно амплитуде пониженного напряжения с трансформаторов. Данный амплитудный детектор двухкаскадный, так как должен иметь очень низкие колебания постоянного тока, именно от него зависит стабильность тока, проходящего через IGBT-транзисторы, и, как следствие, стабильность выходного напряжения. С амплитудного детектора постоянное напряжение подается на контроллер. Данный контроллер может быть реализован по разному: он может быть собран на дискретных элементах, например на операционных усилителях; можно использовать готовые микросхемы – шим-контроллеры, имеющие возможность регулировать частоту шим-сигнала, выходное напряжение, крутизну зависимости изменения скважности шим-сигнала от входящего сигнала. В данной схеме в качестве контроллера использована небезызвестная платформа Arduino, где все данные функции реализуются с помощью программного кода, тем самым дающим возможность использовать данное устройство в других системах управления, изменив лишь программный код данного контроллера, не изменяя при этом конструкции системы автоматического управления нагрузкой. К тому же данная платформа имеет возможность вывода информации о состоянии системы и настройках на дисплей, а также порты для подключения внешних систем для управления или контроля за состоянием системы (рисунок 1).

Далее шим-сигнал с контроллера поступает на оптодрайвер IGBT-транзисторов, которые формируют импульсы напряжений, необходимых для включения и выключения IGBT-транзисторов. Данные транзисторы примечательны тем, что они представляют собой гибридный биполярного и полевого транзистора, тем самым включив в себя достоинства тех и тех, в

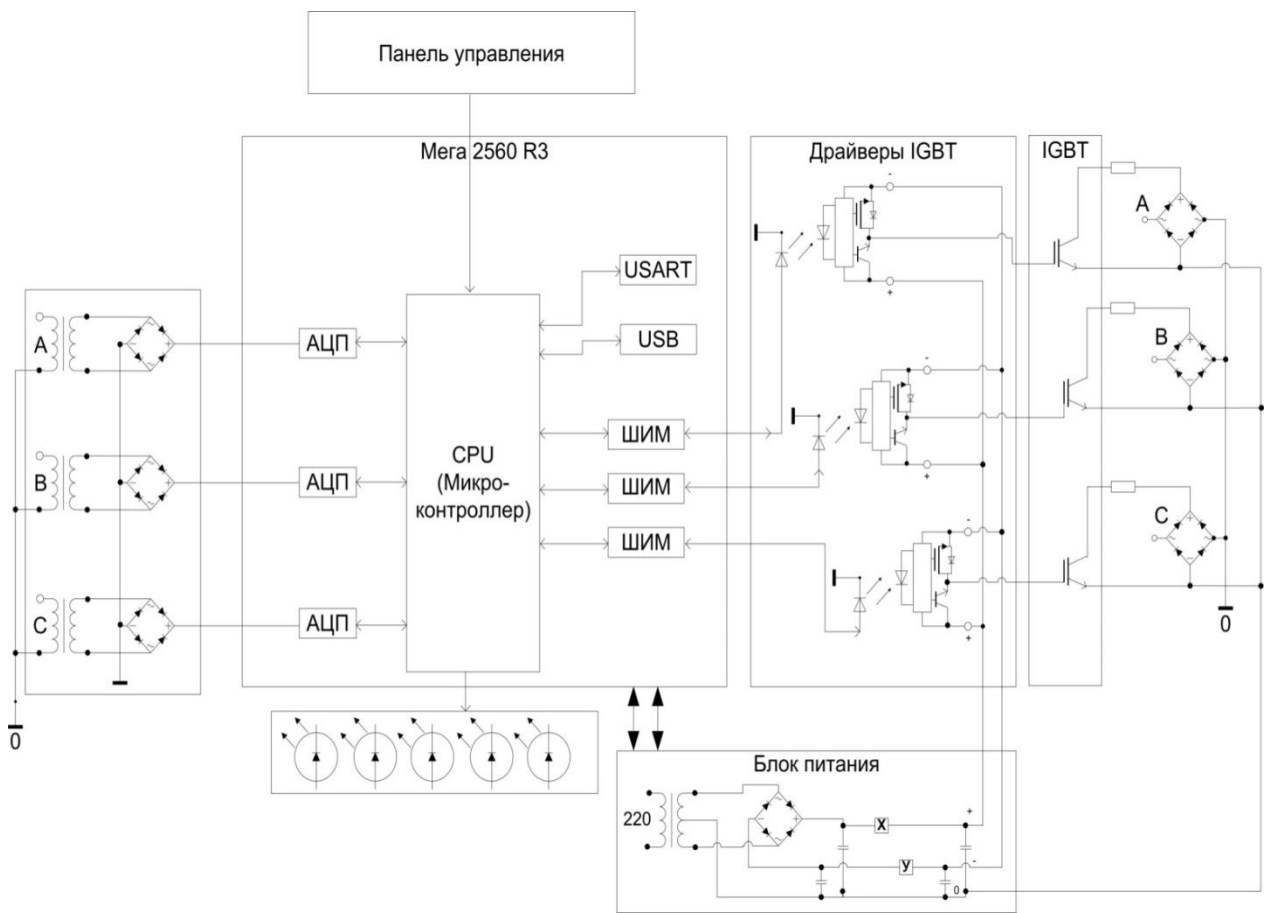


Рисунок 1 - Функциональная схема системы автоматического управления нагрузкой

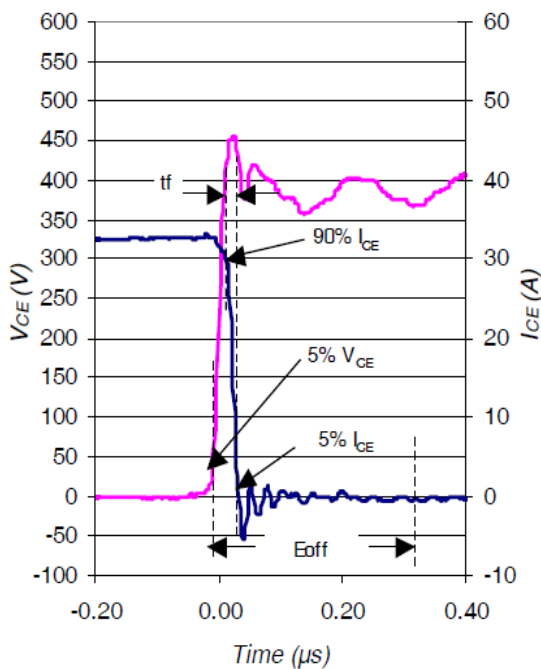


Fig. WF1 - Typ. Turn-off Loss Waveform
@ $T_J = 25^\circ\text{C}$ using Fig. CT.3

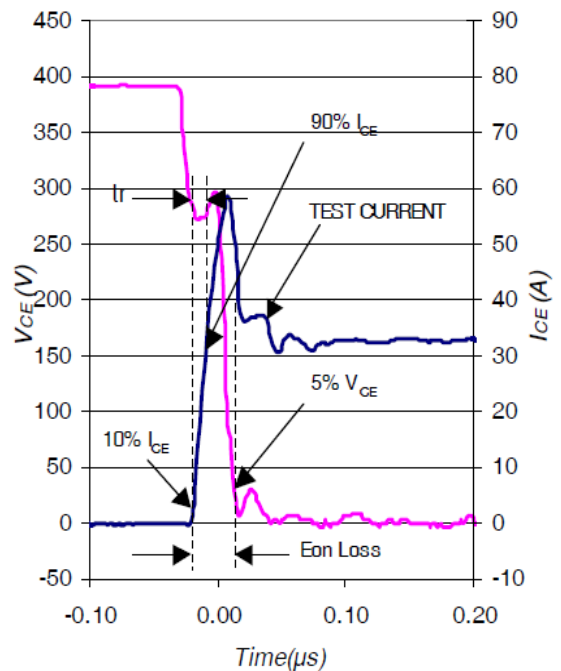


Fig. WF2 - Typ. Turn-on Loss Waveform
@ $T_J = 25^\circ\text{C}$ using Fig. CT.3

Рисунок 2 - Графики напряжения и тока при выключении и включении транзистора соответственно

частности низкую инерционность, малый потребляемый ток затвором и малое время восстановления полевых транзисторов, а также высокие рабочие напряжения у биполярных

транзисторов. Несмотря на все их достоинства, драйвера должны обеспечивать бесперебойную и точную подачу импульсов как на открытие, так и на закрытие транзистора. Даже небольшой скат в управляющем импульсе способен дать транзистору ударную мощность, что скорее всего выведет его из строя. Также затворы транзисторов должны быть защищены от перенапряжения, и включаться они должны после схемы управления, так как подача питания на транзисторы без сигнала на затворе может

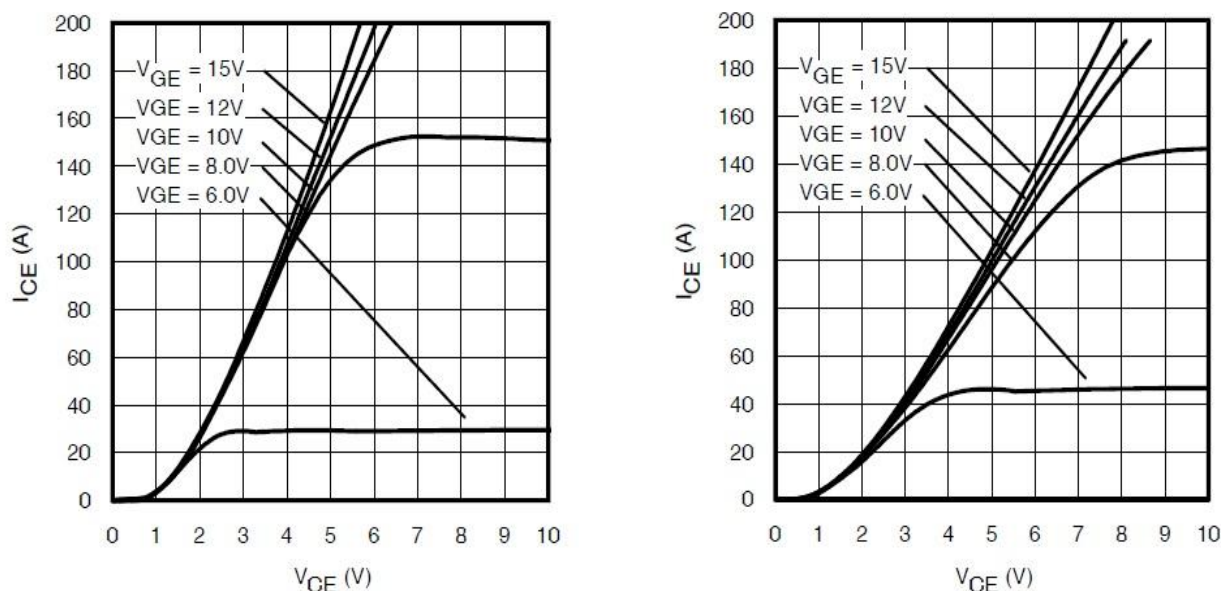


Рисунок 3 - График зависимости напряжения насыщения от управляющего напряжения на затворе, тока силовых цепей и температуры транзистора (левый график – $T=25^\circ C$; правый график – $T=125^\circ C$)

оказаться для них фатальным ввиду осцилляции напряжения на затворе внутри транзистора.

Помимо всего этого транзисторы защищены от перепадов и скачков напряжения так называемыми “обратными диодами” и “снабберами” соответственно. Эти нелинейности изображены на графике, взятые из технической документации транзистора (рисунок 2). КПД транзисторов по предварительным расчетам составляет (95 – 98) % , исходя из их динамических характеристик зависимости напряжения насыщения от проходящего тока силовых цепей, напряжения управления на затворе и температуры транзистора (рисунок 3).

Также в схеме присутствуют несколько блоков питания, необходимых для питания контроллера, а также для питания оптодрайверов IGBT-транзисторов каждой из фаз. Блоки питания также могут иметь разное исполнение – это может быть и один блок питания с изолированными друг от друга выходными напряжениями и несколько блоков питания с одним выходным напряжением, главное чтобы они обеспечивали необходимым напряжением и мощностью управляющие цепи.

Также система автоматического управления оснащена тепловыми автоматами для защиты от больших токов, и специальным автоматом, отключающим питание управляющих цепей и потребителя при перенапряжении сети.

Выводы

Разработанная конструкция системы автоматического управления нагрузкой сочетает в себе следующие преимущества: а) формирование высокого качества электроэнергии; б) унификация конструкции, позволяющая его использовать в любых других регулирующих цепях; в) относительная дешевизна устройства.

ОСЕВЫЕ ГИДРОТУРБИНЫ ДЛЯ МИКРО-ГЭС, РАЗРАБОТАННЫЕ НА КАФЕДРЕ ТГиВВ
Сокольских Е. В. - студент, Татьянkin В. А. – студент, Трутнев П. В.- аспирант,
Иванов В. М.- д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Разработка микро-ГЭС новой оригинальной конструкции на базе осевых гидротурбин является актуальным и наиболее оптимальным решением электро и энергоснабжения малых и средних потребителей электроэнергии: небольших производств, предприятий сельского хозяйства (фермерских хозяйств), дачных посёлков, туристических баз, научно-исследовательских, поисковых станций МЧС и других небольших объектов, находящихся в отдалённых и труднодоступных зонах децентрализованного электроснабжения или неэлектрифицированных зонах; позволит улучшить условия жизни и работы людей, получить дешёвую электроэнергию и снизить экологический ущерб окружающей среде.

На кафедре ТГиВВ разработаны микро-ГЭС с осевой гидротурбиной. Получены 4 патента РФ на изобретения и полезные модели «Осевая гидротурбина»: патент на изобретение № 2371602, патент на полезную модель № 94288, патент на полезную модель № 154955, патент на изобретение № 2587396.

Рассмотрим разработанную на кафедре осевую гидротурбину новой оригинальной конструкции (патент на изобретение № 2587396). Изобретение относится к малой гидроэнергетике и может быть использовано для преобразования энергии малых потоков воды с небольшими расходами и напорами в электроэнергию для энергоснабжения предприятий сельского хозяйства и малого бизнеса. Новая конструкция осевой гидротурбины сочетает в себе следующие преимущества: простоту конструкции пропеллерной турбины и возможность настраивать лопатки турбины на необходимую мощность и имеющийся на натурном водотоке напор, расход и геодезические параметры русла реки.

Известна осевая пропеллерная гидротурбина, содержащая направляющий аппарат, лопатки которого, выполненные изогнутой формы и развернутые по направлению вращения рабочего колеса, закреплены с возможностью поворота, рабочее колесо, размещенное в камере, с лопастями криволинейной формы, закрепленными на корпусе, установленном на валу, водоподводящую и водоотводящую части. При этом направляющий аппарат выполнен из верхнего и нижнего колец с размещенными между ними лопатками, установленными с возможностью поворота с помощью механизма поворота из серег, соединённых с лопатками, рычагов и регулирующего кольца, связанного с сервомоторами. Вал расположен вертикально относительно плоскости вращения рабочего колеса, а водоподводящая часть выполнена в виде спиральной камеры.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технической сущности и достигаемому результату (прототипом) является осевая гидротурбина патент РФ № 2371602.

Недостатком осевой гидротурбины приведённой в [1] является низкий КПД обусловленный повышенными гидравлическими потерями вследствие наличия закрученного выхода потока воды из камеры рабочего колеса. Предлагаемым изобретением № 2587396 решается задача повышения КПД и надёжности работы.

Изобретение № 2587396 поясняется рисунками 1,2, где изображены: на фиг. 1 – осевая гидротурбина, продольный разрез; на фиг. 2 – то же, разрез А-А; на фиг. 3 – лопатка направляющего аппарата осевой гидротурбины, разрез Б-Б; на фиг. 4 – рабочее колесо осевой гидротурбины, общий вид; на фиг. 5 – рабочее колесо осевой гидротурбины, продольный разрез; на фиг. 6 – лопасть рабочего колеса, вид В; на фиг. 7 – струевыравнивающая часть осевой гидротурбины, разрез Г-Г; на фиг. 8 – лопатка струевыравнивающей части осевой гидротурбины, разрез Д-Д.

Кроме того, на фиг. 3, 6 и 8 изображено:

φ – угол установки лопаток направляющего аппарата осевой гидротурбины;

φ_1 – угол установки лопастей рабочего колеса осевой гидротурбины;

φ_2 – угол установки лопаток струевыравнивающей части осевой гидротурбины.

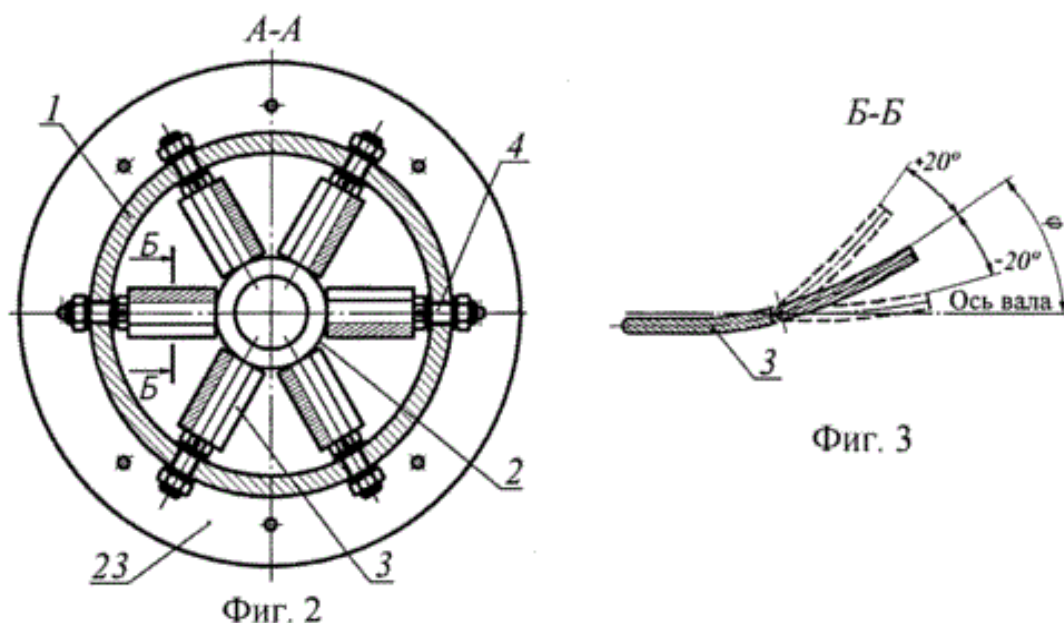
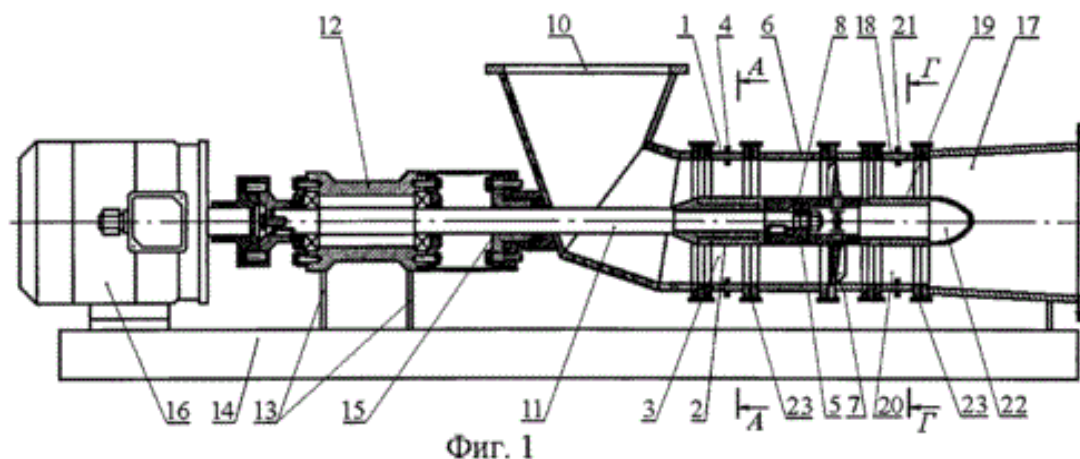


Рисунок 1 – Осевая гидротурбина (фиг.1-3)

Осевая гидротурбина содержит направляющий аппарат с внутренним корпусом 2, установленным на валу 11, рабочее колесо 5, размещённое в камере 6, с лопастями 7 криволинейной формы, закреплёнными на корпусе 8, струевыравнивающую часть, выполненную из соосно расположенных внешнего корпуса 18 и внутреннего корпуса в виде втулки 19 и лопаток 20 изогнутой формы, одними концами закреплённых на втулке 19, а другими соединённых с внешним корпусом 18 резьбовыми соединениями 21. Передние части лопаток 20 направлены против вращения рабочего колеса 5, а задние части расположены параллельно оси вала 11. Струевыравнивающая часть одним торцом внешнего корпуса 18 соединена с камерой 6 рабочего колеса 5, вблизи корпуса 8 которого размещена одним торцом втулка 19 с жестко закрепленным на другом торце обтекателем 22 каплевидной формы, а другим торцом внешнего корпуса 18 соединена с водоотводящей частью 17. Осевая гидротурбина работает следующим образом: поток воды с определенным напором и расходом по водоподводящей 10 части подается через лопатки 3 направляющего аппарата на лопасти 7 рабочего колеса 5, создавая на валу 11 вращающий момент. Ротор электрогенератора 16, вращаясь, вырабатывает электрический ток.

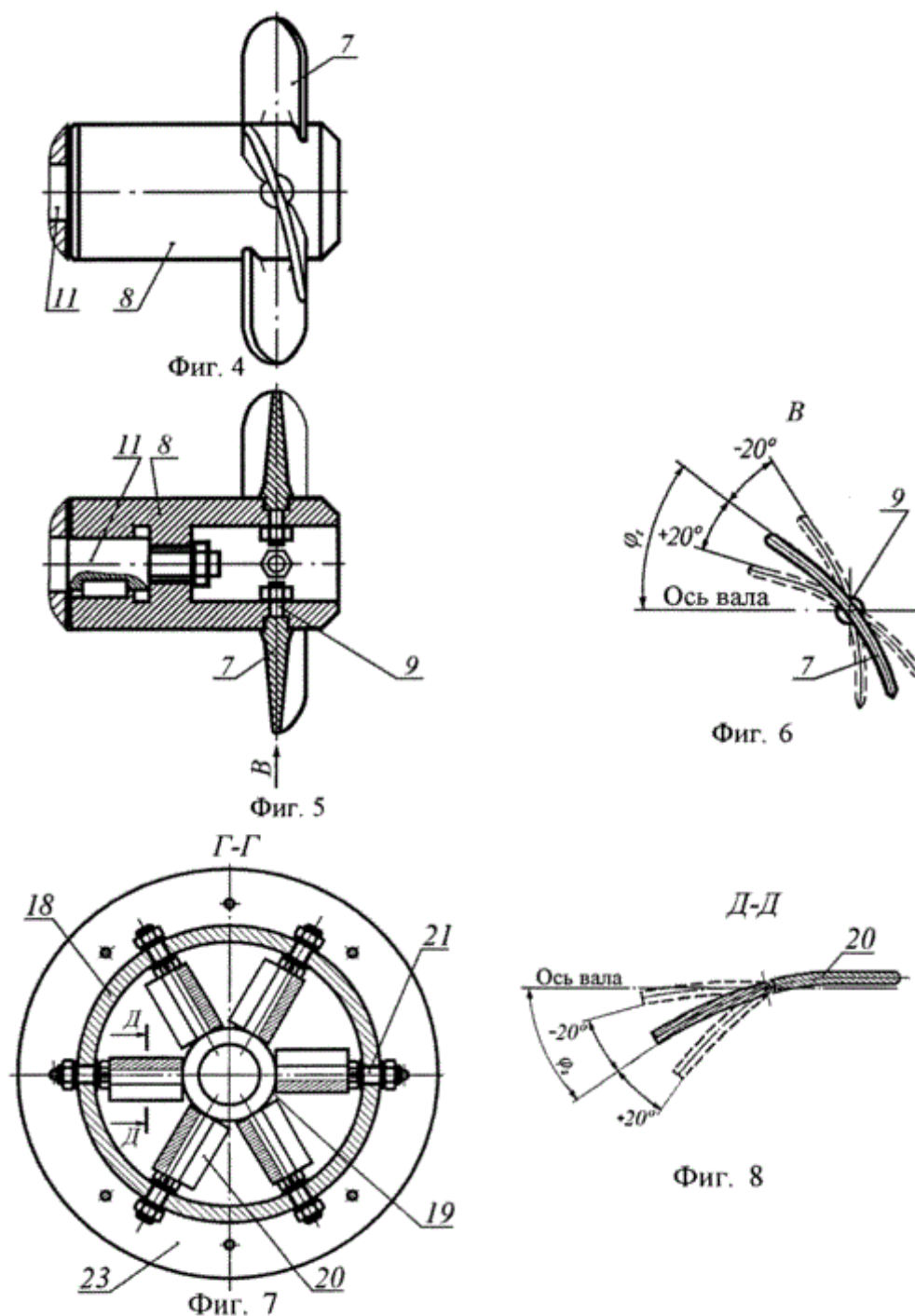


Рисунок 1 – Осевая гидротурбина (фиг.4-8)

Поток воды, проходя через струевыравнивающую часть, плавно расширяется за обтекателем 22 без образования вихрей, а затем поступает в водоотводящую 17 часть осевой гидротурбины.

Таким образом, использование предлагаемого изобретения приводит к повышению КПД и надежности работы микро-ГЭС.

Разработанные на кафедре ТГиВВ микро-ГЭС новой оригинальной конструкции на базе осевых гидротурбин являются конкурентоспособными известным российским и зарубежным аналогам.

Список использованных источников:

1.Смирнов И.Н., Гидравлические турбины и насосы. [Текст]: учеб. пособие для энерг. и политехнич. вузов. – М.: Высшая школа, 1969. – 400 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ И КПД ОСЕВОЙ ГИДРОТУРБИНЫ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОМ СТЕНДЕ АЛТГТУ

Михайлов А. П. - студент, Иванова Т. Ю. - к.т.н., доцент

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

Разработка микро-ГЭС на базе осевых гидротурбин является актуальным и наиболее оптимальным решением электроснабжения небольших производств, предприятий сельского хозяйства (фермерских хозяйств, дачных посёлков), туристических баз, научно-исследовательских, поисковых станций МЧС и других небольших объектов, находящихся в отдалённых и труднодоступных районах и не имеющих централизованного электроснабжения; позволит улучшить условия жизни и работы людей, получить дешёвую электроэнергию и снизить экологический ущерб окружающей среде. Одним из важнейших показателей является мощность и КПД осевой гидротурбины, в том числе мощность и КПД асинхронного электродвигателя.

Мощность и КПД асинхронного электродвигателя определяются по формулам:

$$N = \eta \rho g H Q; \quad (1)$$

$$\eta = \frac{N_3}{N_r}, \quad (2)$$

где N – полезная мощность асинхронного двигателя;

η – КПД асинхронного двигателя;

N_3 – электрическая мощность асинхронного двигателя;

N_r – гидравлическая мощность асинхронного двигателя ($N_r = \rho g H Q$);

ρ – плотность воды (1000 кг/м^3);

g – ускорение свободного падения м/с^2 ;

H – перепад воды ($0,86 \text{ м}$);

Q – расход ($0,03 \text{ м}^3/\text{с}$).

Для определения N_3 , необходимо измерить ток и напряжение на каждой фазе асинхронного двигателя ($P = 500 \text{ Вт}$, $n = 680 \text{ об/мин.}$), работающего по схеме (рисунок).

Гидравлический стенд состоит из двух резервуаров с водой, щита с измерительными приборами, винта, насаженного на вал и вращающего двигатель, асинхронного двигателя (используется в генераторном режиме как осевая турбина) и двух задвижек. [1].

Схема включается в работу нажатием кнопки «Пуск» на щите с измерительными приборами. Ток и напряжение асинхронного двигателя (АД) измеряются с помощью амперметров и вольтметров, которые возникают при протекании воды через задвижку и винт. Показания заносятся в таблицу.

Таблица – Результаты измерений и расчетов.

Величины мощностей (Вт) каждой из фаз рассчитываются по формуле:

$$N = UI,$$

где I – ток на фазе двигателя, А;

U – напряжения на фазе двигателя, В.

N_3 рассчитывается как арифметическая сумма мощностей трех фаз асинхронного электродвигателя.

I_A (I_B , I_C) пол. и бал. – полезный и балластный ток каждой фазы асинхронного электродвигателя.

U_A , U_B , U_C – напряжение на каждой из фаз асинхронного электродвигателя.

Мощность (гидравлическая и полная) и КПД рассчитываются по формулам (1) и (2).

Гидравлическая мощность:

$$N_r = \rho g H Q = 1000 \cdot 9,8 \cdot 0,86 \cdot 0,03 = 252,8 \text{ Вт}$$

$$\text{КПД: } \eta = \frac{N_3}{N_r} = \frac{81,8}{252,8} = 32,4 \%$$

$$\text{Полная мощность: } N = 32,4 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 0,86 \cdot 0,03 = 81,8 \text{ Вт.}$$

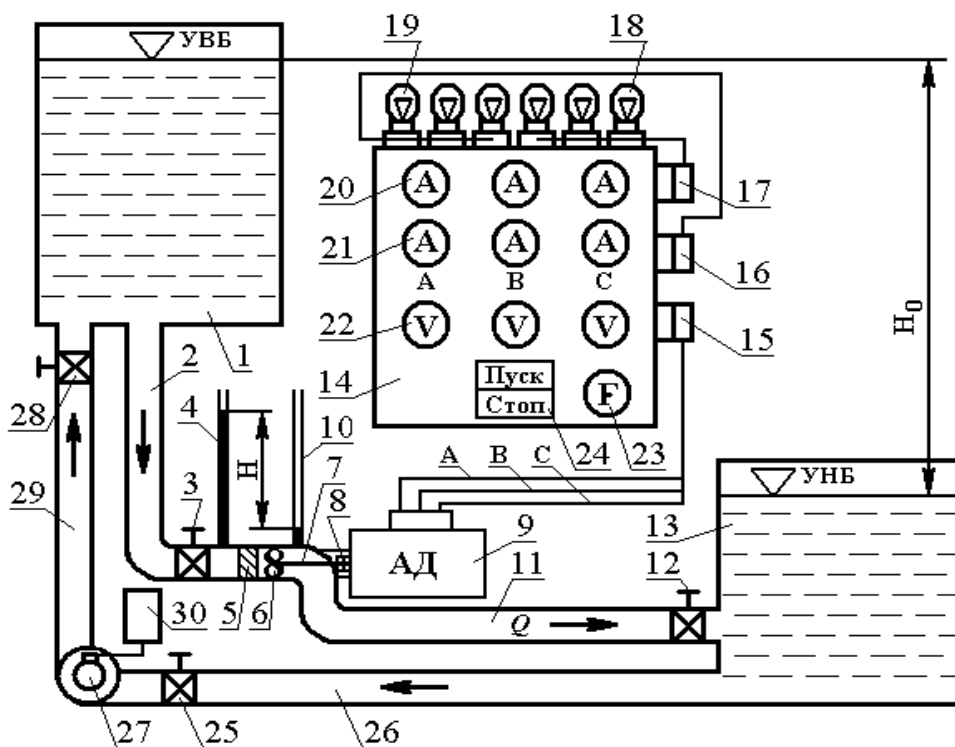


Рисунок – Гидравлический стенд для определения максимальной мощности и к. п. д. рабочей модели осевой гидротурбины с рабочим колесом диаметром 130 мм

Гидравлический стенд включает в себя:

1 – напорный бак с водой; 2 – напорный подводящий трубопровод; 3 – задвижка на напорном трубопроводе; 4 – пьезометр на напорной трубе; 5 – направляющий аппарат; 6 – осевое колесо микро-ГЭС (диаметр 130 мм); 7 – вал; 8 – муфта; 9 – электрогенератор из асинхронного двигателя; 10 – пьезометр на отсасывающей трубе; 11 – отсасывающая труба; 12 – задвижка на отсасывающей трубе; 13 – сливной бак; 14 – блок управления электрической нагрузкой второй модификации («БАУЭН-2»); 15 – генераторная трёхфазная розетка; 16 – трёхфазная розетка полезной нагрузки; 17 – трёхфазная розетка балластной нагрузки; 18 – балластная нагрузка (электролампы 60 Вт, 220 В – 3 шт.); 19 – полезная нагрузка (электролампы 60 Вт, 220 В – 3 шт.); 20 – амперметры балластной нагрузки; 21 – амперметры полезной нагрузки; 22 – вольтметры балластной и полезной нагрузок; 23 – частотомер; 24 – кнопка «Пуск-Стоп»; 25 – задвижка на всасывающей трубе; 26 – всасывающая труба; 27 – электронасосы (7 шт.); 28 – задвижка напорного трубопровода; 29 – напорный трубопровод; 30 – блок управления электронасосом

Гидравлический стенд работает следующим образом:

Вода из напорного бака 1 поступает по подводящему трубопроводу 2 через открытую задвижку 3 на напорном трубопроводе. Пьезометр 4 на напорном трубопроводе 2 показывает его давление. Направляющий аппарат 5 закручивает поток. Осевое колесо 6 микро-ГЭС (диаметр 130 мм) передаёт вращение потока воды валу 7, который через муфту 8 передаёт вращение генератору из асинхронного двигателя 9. Пьезометр на отсасывающей трубе 10 показывает давление за рабочим колесом 6 микро-ГЭС. Вода по отсасывающей трубе 11 через открытую задвижку 12 по отсасывающей трубе 11 поступает в сливной бак 13. Электрический ток с генератора 9 поступает на блок управления электрической нагрузкой второй модификации («БАУЭН-2») 14 через генераторную трёхфазную розетку 15. Трёхфазная розетка полезной нагрузки 16 соединена с тремя лампочками 19 (60 Вт 220 В).

Трёхфазная розетка балластной нагрузки 17 соединена стремя лампочками 18 (60 Вт 220 В). Амперметры балластной нагрузки 20 показывают ток на балластной нагрузке 18. Амперметры полезной нагрузки 21 показывают ток на полезной нагрузке 19. Вольтметры балластной и полезной нагрузок 22 показывают напряжение балластной и полезной нагрузок. Частотомер 23 показывает частоту тока полезной и балластной нагрузок. Кнопка «Пуск-Стоп» 24 включает полезную нагрузку. Вода из сливного бака 13 по всасывающей трубе 26 через открытую задвижку 25 электронасосами 27 подаётся в напорную трубу и через открытую задвижку напорного трубопровода 29 в напорный бак 1. Электронасосы 27 включаются блоком управления электронасосами 30.

Электрогенератор микро-ГЭС с осевой гидротурбиной из асинхронного двигателя 9 возбуждается тремя конденсаторами ёмкостью по 10 мкФ на каждой фазе, находящихся внутри «БАУЭН-2» 14.

Тиристорное регулирование блока «БАУЭН-2» 14 осуществляется за счёт открытия тиристоров и передачи части полезной нагрузки 19 на балластную 18. Полезная мощность плюс балластная мощность величина постоянная и равна максимальной мощности вырабатываемой осевой турбиной. Если полезная нагрузка равна 0, то балластная нагрузка максимальная. И наоборот – если полезная нагрузка максимальная, то балластная равна 0. Если, например, полезная нагрузка равна 50%, то и балластная нагрузка равна 50%. Это обеспечивается тиристорным регулированием блока «БАУЭН-2».

Выводы:

1. Асинхронный электродвигатель рабочей модели осевой турбины используется на 50%, так как полученная в результате расчетов гидравлическая мощность в 2 раза меньше номинальной мощности двигателя.
2. Максимальный коэффициент полезного действия рабочей модели осевой турбины 32%.
3. Максимальная полезная мощность рабочей модели осевой турбины 81,8 Вт

Список использованных источников:

- 1.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.

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОДЕЛИ МИКРО-ГЭС С ОСЕВОЙ ГИДРОТУРБИНОЙ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОМ СТЕНДЕ АЛТГТУ.

Чашников Г. А.- студент, Трутнев П. С.- аспирант, Иванова Т. Ю.- к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

На кафедре ТГиВВ разработана и изготовлена рабочая модель микро-ГЭС с осевой гидротурбиной и выполнены экспериментальные исследования модели микро-ГЭС на гидравлическом стенде. Рабочая модель микро-ГЭС с осевой гидротурбиной в ходе испытаний подтвердила все заявленные расчетные параметры в пределах точности экспериментов (5-10%). Основные характеристики микро-ГЭС с осевой гидротурбиной: мощность – 4 кВт, расход – 80 л/с, максимальный общий КПД – 56% при напоре 9-10 метров.

На рисунке 1 представлен внешний вид осевой гидротурбины с электрогенератором.

Испытания моделей проточных частей и рабочих колес гидротурбин проведены на гидравлическом стенде, оснащенном контрольно-измерительной аппаратурой в лаборатории комплексных исследований малых гидроузлов и микро-ГЭС АлтГТУ [1]. Стенд предназначен для работы с напором до 13 м и расходом до 300 л/с. Параметры гидравлического стенда позволяют испытывать опытные образцы микро-ГЭС мощностью до 30 кВт, а большей мощности их модели и отдельные элементы проточных частей микро-ГЭС.

Модельная гидротурбина испытывалась на разных режимах, определяемых частотой вращения ее вала, величиной открытия лопаток направляющего аппарата и углом установки лопастей рабочего колеса. В качестве электрогенератора использовался трехфазный асинхронный двигатель, в качестве блока балластной нагрузки - электродвигатель с тэнами. Балластный электрогенератор подключался электрическим кабелем к системе управления электрической нагрузкой, которая была соединена с блоком балластной нагрузки. Во время работы в обмотках балластного электрогенератора возникают электромагнитные поля, создающие тормозящий момент на валу электрогенератора.

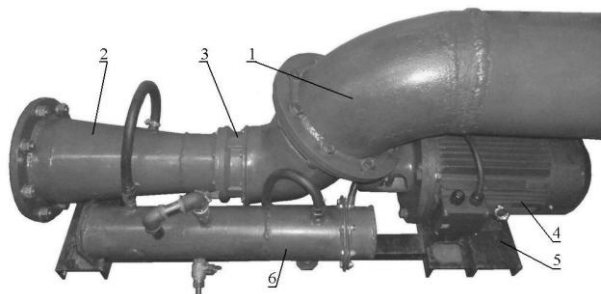


Рисунок 1 – Внешний вид осевой гидротурбины с электрогенератором, параметры: мощность – 1...10 кВт; расход воды – 10...100 л/с; напор – 1...10 м: 1 – подводящая часть; 2 – отводящая часть; 3 – осевая гидротурбина; 4 – электрогенератор; 5 – рама опорная; 6 – блок балластной нагрузки

Расчетные формулы и методы замера экспериментальных величин описаны в [1,2]. Расход воды Q , протекающей через гидротурбину, замеряется с помощью расходомерной диафрагмы и дифференциального манометра. Зная величину динамического напора $h_{дин}$, можно найти расход Q (м³/с) по формуле:

$$Q = S\sqrt{2g \cdot h_{дин}},$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; S – площадь проходного сечения, м².

В нашем случае статический напор турбины равен разнице показаний манометров до и после турбины, переведенных в м вод. ст.:

$$\Delta H = H_2 - H_1,$$

Частота вращения вала модельной турбины замеряется либо тахометром, либо механическим или электрическим счетчиком оборотов.

Лабораторные испытания моделей гидротурбин производятся при различных открытиях лопаток направляющего аппарата, которые измеряются или расстоянием в свету между двумя соседними лопатками направляющего аппарата, или выражается в долях от максимального открытия, принимаемого за единицу.

При каждом открытии регулирующего органа исследуют несколько режимов, соответствующих разным нагрузкам на валу турбины. При заданном открытии регулирующих органов и заданной нагрузке с помощью приборов определяют расход воды Q , протекающей через турбину, частоту вращения вала турбины n (об/мин) и рабочий напор $H_{смт}$, и вычисляют коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{N_э}{N_n} = \frac{N_э}{\rho g Q H_{стт}},$$

$$N_э = (U_1 \cdot I_1 + U_2 \cdot I_2 + U_3 \cdot I_3)$$

где $N_э$ – электрическая мощность на валу турбины, (кВт); U_1, U_2, U_3 – напряжение электрического тока на фазе А, В, С соответственно, (В) I_1, I_2, I_3 – балластный электрический ток на фазе А, В, С соответственно, (А).

$$N_n = \rho g Q H - \text{мощность потока, кВт.}$$

Замеряемые во время испытаний данные и результаты подсчетов для каждого открытия регулирующего органа представлены графиком на рисунке 2.

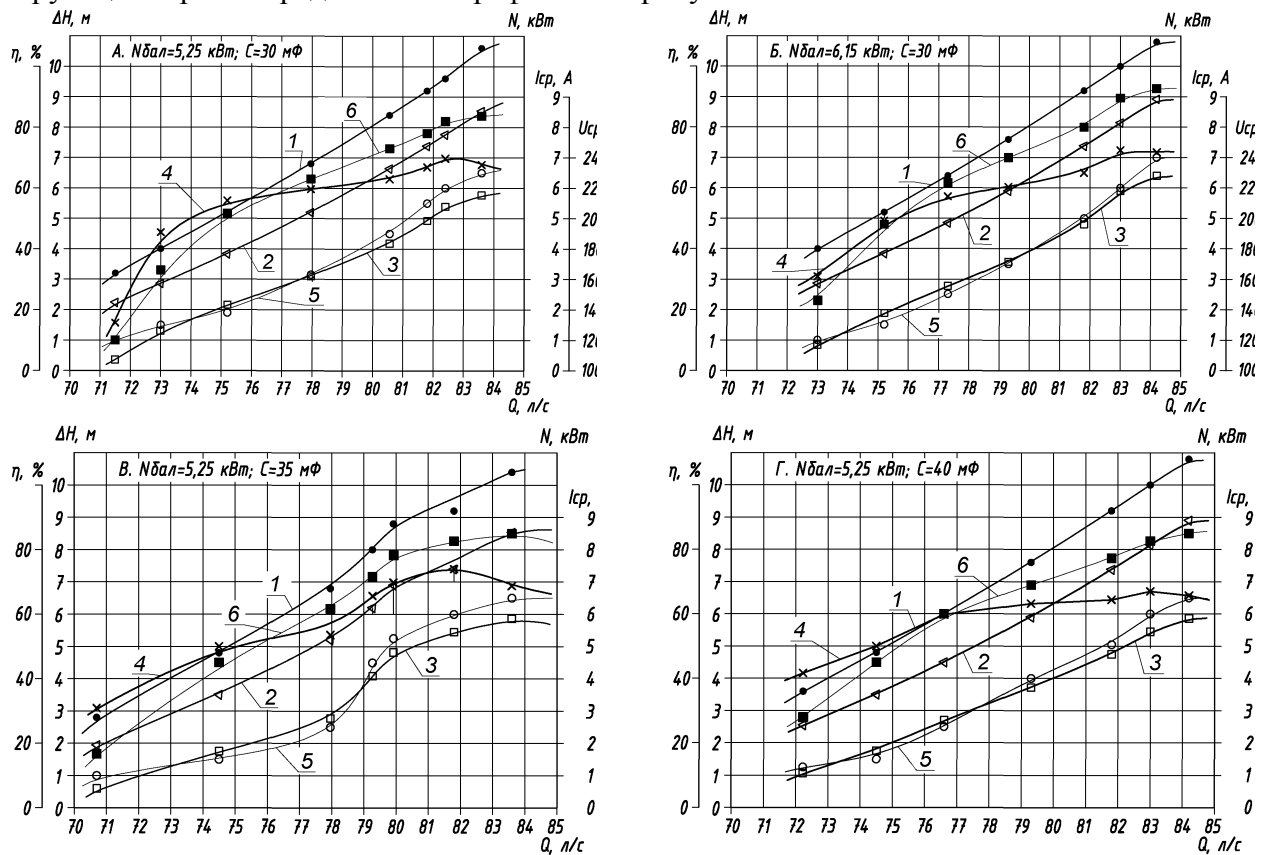


Рисунок 2– Графики зависимостей, построенные по экспериментальным и расчетным данным опытного испытания микро-ГЭС:

А – данные эксперимента с балластной нагрузкой $N_{бал}=5,25$ кВт, и емкостью конденсаторов возбуждения $C = 30$ мФ; Б – данные эксперимента с балластной нагрузкой $N_{бал} = 6,15$ кВт, и емкостью конденсаторов возбуждения $C = 30$ мФ; В – данные эксперимента с балластной нагрузкой $N_{бал}=5,25$ кВт, и емкостью конденсаторов возбуждения $C = 35$ мФ; Г – данные эксперимента с балластной нагрузкой $N_{бал} = 5,25$ кВт, и емкостью конденсаторов возбуждения $C = 40$ мФ

- 1 – $\Delta H=f(Q)$ – график зависимости напора от расхода;
- 2 – $N_2=f(Q)$ – график зависимости гидравлической мощности от расхода;
- 3 – $N_э=f(Q)$ – график зависимости электрической мощности от расхода;
- 4 – $\eta=f(Q)$ – график зависимости коэффициента полезного действия от расхода;
- 5 – $U_{cp}=f(Q)$ – график зависимости напряжения электрического тока от расхода;
- 6 – $I_{cp}=f(Q)$ – график зависимости тока от расхода.

Выводы

1. Разработанная конструкция осевой турбины сочетает в себе следующие преимущества: а) простоту конструкции пропеллерной турбины; б) возможность (как у поворотной-лопастной) настраивать лопасти турбины на необходимую мощность и имеющийся на натурном водотоке напор, расход и геодезические параметры русла реки.

2. Экспериментальная рабочая модель микро-ГЭС в ходе испытаний подтвердила все заявленные расчетные параметры в пределах точности экспериментов (5-10%): мощность – 4 кВт, расход 83 л/с, частота вращения вала – 3000 об/мин, напряжение – 200-220 В, частота 50 Гц.

3. Все полученные графики параметров имеют ярко выраженный максимум при наибольших расходах 70-80 л/с.

4. Первый эксперимент (А) проведен при мощности балласта $N_{\text{бал}} = 5,25 \text{ кВт}$ и емкости конденсаторов возбуждения $C = 30 \text{ мФ}$. Во втором (Б) эксперименте мощность балласта была увеличена до $N_{\text{бал}} = 6,15 \text{ кВт}$, что оказало влияние на напряжение генерируемого электричества (при тех же характеристиках потока, напряжение ниже чем в первом эксперименте). Изменение значения балластной нагрузки на частоту генерируемого электричества не оказало (в обоих экспериментах (А, Б) частота генерируемого электричества превышала 55 Гц при оптимальном напоре 10 м).

5. В экспериментах В и Г была увеличена емкость конденсаторов возбуждения до 35 мФ и 40 мФ соответственно, при той же мощности балласта ($N_{\text{бал}} = 5,25 \text{ кВт}$). Результатом явилось уменьшение в рабочей точке ($Q = 83 \text{ л/с}$; $H = 10 \text{ м}$) частоты генерируемого тока до значений 52 Гц и 49 Гц для экспериментов В и Г соответственно. Таким образом, изменение ёмкости конденсаторов позволило приблизить частоту генерируемого электричества к «потребительской» 50 Гц.

6. Во всех проведенных опытах наблюдается работа микро-ГЭС в области максимального КПД при рабочих значениях ($U = 220 \text{ В} \pm 10\%$; $f = 50 \text{ Гц} \pm 5\%$) генерируемого электричества. С повышением характеристик наблюдается снижение КПД (спад кривой $\eta = f(Q)$ на графиках).

7. В результате серии экспериментов были найдены оптимальные параметры для балластной нагрузки и емкости конденсаторов возбуждения, а также их влияние на характеристики генерируемого электричества.

8. Микро-ГЭС имеет небольшую стоимость, надёжна, проста в эксплуатации и имеет срок окупаемости 2 – 3 года.

9. Микро-ГЭС может эффективно использоваться для электроснабжения и энергосбережения автономных потребителей круглый год.

Список использованных источников:

1. 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.

2. Иванов В.М. Электроснабжение и энергосбережение с использованием возобновляемых источников энергии / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, И.А. Бахтина // Вестник СГАСУ, 2015.- Вып 2. – С. 88 – 93.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Столков А. С. – студент, Сташко В. 24И. – к.т.н., доцент

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

Солнечная энергетика является перспективным, наиболее динамично развивающимся направлением альтернативной энергетике. Инвестиции в солнечную энергетiku в России стремительно растут год от года, а установленную мощность солнечных электростанций к 2025 году планируется довести до 1,5-2 ГВт. Нарращивают мощность солнечных электростанций США, Япония, и Китай, а в Европе поставлена цель, получать не менее 15 % электроэнергии от Солнца.

По данным учёных, которые занимаются исследованиями в данной области, уже к концу текущего века, около 90% от всей необходимой человечеству энергии, будут получать от Солнца (рисунок 1).

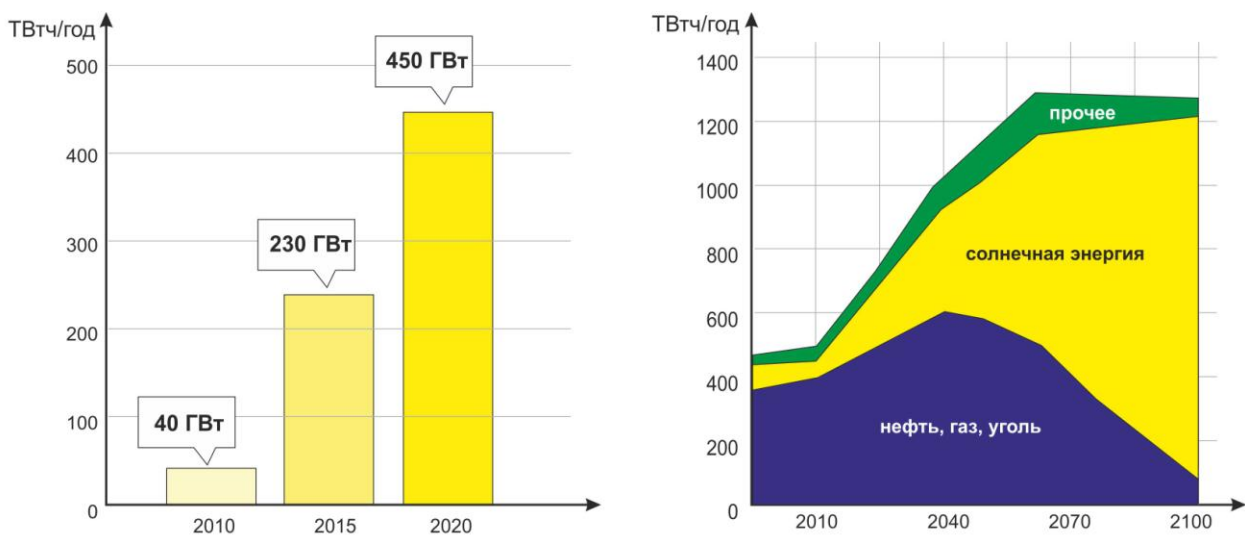


Рисунок 1 – Выработка электроэнергии от энергии солнца

Развитие солнечных генерирующих мощностей, по сути, является процессом формирования новой отдельной сферы науки и производства. В этой связи, несмотря на высокую динамику производства электроэнергии, резкого скачка в развитии большой солнечной энергетики в ближайшие 15-20 лет не произойдет. Ориентировочно, в перспективе до 2030-2040 гг., развитие солнечной энергетики будет происходить за счет локального применения солнечных панелей, и небольших микро- и миниэлектростанций. Данный факт подтверждается широким распространением альтернативных источников энергии в инфраструктуре населенных пунктов, некоторых видах бизнеса и частном секторе.

В данной статье рассмотрены некоторые разработки в области применения солнечных источников энергии в городской инфраструктуре, прочих населённых пунктах и отдельно стоящих объектах, традиционное электроснабжение которых затруднено по каким-либо причинам.

Главная особенность предлагаемых технических решений состоит в том, что все расчеты систем электропитания от солнечных панелей, производятся на основе постоянно обновляемой базы данных, состоящей из трех основных таблиц. Каждая из таблиц содержит данные для каталогов о всех выпускаемых отечественной промышленностью солнечных панелях, консольных светодиодных светильниках, инверторах, аккумуляторных батареях и прочей коммутационной аппаратуре, необходимой для построения систем наружного освещения и различных объектов городской инфраструктуры. Такой подход позволяет унифицировать расчеты, и снизить не только стоимость проектирования систем электропитания, но и значительно уменьшить их конечную стоимость, включая монтажные работы.

Наружное освещение городов, поселков и населенных пунктов в сельской местности, проектируется с учетом требований СНиП 23-05-95.

Исходные данные для расчета наружного (уличного) освещения берутся исходя из норм средней горизонтальной освещенности покрытия, которая измеряется в люксах (лк). Также, необходимо учитывать среднюю яркость покрытия, измеряемую в свечах (кд - кандела) на единицу площади (кд/м²).

Средняя горизонтальная освещенность и яркость покрытия проезжей части дорог, улиц, площадей и прочих объектов городской инфраструктуры приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Нормативы искусственного освещения дорог, улиц и площадей в городах

Наибольшая интенсивность движения транспорта в обоих направлениях, ед/ч	Яркость покрытия, кд/м ²	Горизонтальная освещенность покрытия, лк
Более 3000	1,6	20
От 1000 до 3000	1,2	20
От 500 до 1000	0,8	15

Таблица 2 – Нормы освещенности объектов городской инфраструктуры

Освещаемые объекты	Горизонтальная освещенность покрытия, лк
Пешеходные улицы, непроезжие части площадей	4 - 10
Детские площадки	10
Автозаправочные станции	20
Средняя освещенность витрин в вертикальной плоскости (в зависимости от категории улицы)	100-300

Нормы яркости рекламных щитов и панелей определяются в зависимости от их расположения (вдоль или поперёк дорог), площади рекламной поверхности, категорий улиц, проезжей части и дороги.

Число и мощность светодиодных светильников или прожекторов рассчитывается исходя из заданных значений яркости и горизонтальной освещенности объекта городской инфраструктуры. При расчетах мощности консольных светильников наружного освещения учитывается высота опоры, а для прожекторов подсветки – удаленность расположения.

На заключительной стадии проектирования системы электропитания, производится выборка из базы данных типа и мощности солнечных панелей, консольных светильников или прожекторов, а также инверторов, аккумуляторных батарей и коммутационной аппаратуры.

В настоящее время разрабатывается методика расчета питания от солнечных панелей автомобильных парковок, автобусных остановок, светофоров и других объектов городской инфраструктуры мощностью от 0,1 до 1 кВт.

Список использованных источников:

1. Перспективы развития солнечной энергетики [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://promvesti.com/perspektivy-razvitiya-solnechnoj-energetiki/>.
2. Естественное и искусственное освещение. СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : http://otherreferats.allbest.ru/construction/00003265_0.html

АНАЛИЗ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Тюкалова А. Д. – студент, Годецкая Т. Е. – старший преподаватель
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время альтернативная энергетика является одной из самых перспективных отраслей промышленности. Мировые показатели энергопотребления стремительно растут, а используемые традиционные топливно-энергетические ресурсы, как известно, ограничены, поэтому переход к альтернативным источникам энергии является не просто перспективным, но и необходимым.

Важность перехода на нетрадиционные источники энергии обусловлена значимыми причинами, одной из которых является негативное влияние традиционных электроэнергетических технологий на экологию окружающей среды. Работа ГЭС со временем способствует обрушению и подтоплению территорий берегов, а также их постепенному заболачиванию. Фильтры, применяемые на ТЭС для предотвращения выбросов вредных частиц, зачастую не функционируют должным образом, что приводит к

загрязнению атмосферы элементами золы. В районах АЭС увеличивается количество больных онкологическими и другими тяжелыми заболеваниями.

Кроме сохранения экологии, к плюсам нетрадиционной энергетики можно отнести удобство её использования в удаленных от энергосистемы областях и населенных пунктах. Сегодня подобное практикуется не только за границей, но и на просторах нашей страны.

Основные виды альтернативных источников энергии: солнечная энергия, ветряная энергия, геотермальная энергия.

Солнечная энергия является неисчерпаемой и экологически чистой. Она применяется как для производства электроэнергии, так для нагрева помещений и осуществления горячего водоснабжения. Солнечные батареи используются в различных сферах деятельности, начиная от подзарядки аккумуляторов мелкой электроники и уличным освещением, заканчивая энергообеспечением зданий и небольших населенных пунктов. Солнечные коллекторы, предназначенные для выработки тепловой энергии, также находят довольно широкое применение. К преимуществам использования солнечной энергии относятся доступность и возобновляемость данного вида энергии, а также отсутствие вредных выбросов в атмосферу. Недостатками являются сезонность, зависимость от времени суток и погодных и климатических условий, необходимость использования больших площадей.

Эффективность энергии ветра не уступает солнечной. Применение ветроэнергетики целесообразно в районах с высокой скоростью ветра или в периоды низкой солнечной активности. К достоинствам ветроустановок относятся фактическая бесконечность ресурсов и минимальное влияние на окружающую среду, к которому можно отнести шум при работе установки, являющийся недостатком. Так же недостатками являются непостоянство силы ветра и низкая мощность единичного ветрогенератора.

В глубинах Земли хранится огромное количество энергии, которое так же широко используют в хозяйственных целях. Наиболее перспективным направлением в использовании данного источника энергии является теплоснабжение, однако и эффективность получения электрической энергии путем преобразования энергии геотерм также не стоит недооценивать. К достоинствам геотермальных источников следует отнести их неисчерпаемость и отсутствие зависимости эффективности их использования от времени года. Основным недостатком является невозможность сброса отработанных вод в близлежащие водоемы ввиду их токсичности. Так же к недостаткам необходимо отнести и возможность негативного влияния вмешательства в глубины Земли на сейсмологическую активность, которая, однако, мало изучена.

Таким образом, широкое использование альтернативных источников энергии позволит разрешить стремительно надвигающуюся проблему энергодефицита и избежать усугубления экологической ситуации, вывести энергетику на совершенно новый уровень, что даст возможность стабильного развития промышленности и роста уровня жизни населения.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Марков Д. А. – студент, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент

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

В настоящее время набирают популярность альтернативные источники электроэнергии. Это связано с удорожанием традиционных источников, таких как нефть, газ, уголь и их производных, а также с увеличением загрязнения нашей планеты. На данный момент самыми популярными являются [1]:

- солнечная энергия (солнечные батареи, солнечные коллекторы);
- ветровая энергия (ветровые установки);
- гидроэнергия (приливные и волновые электростанции);
- геотермальная энергия (грунтовые электростанции и грунтовые теплообменники);
- биотопливо (биотопливные установки).

В России не очень распространена энергия на основе природы. Это связано с тем, что срок окупаемости таких установок очень велик, квалифицированного эксплуатационного персонала практически нет, также некоторые виды этих установок производят очень малое количество электроэнергии.

Наиболее доступным для сельскохозяйственного комплекса является биотопливо, так как солнечная, ветровая и геотермальная энергии требуют больших первоначальных вложений денежных средств, а гидроэлектростанция территориально связана с её энергетической базой (водой).

Биотопливо подразделяют на следующие виды [2]:

- твёрдое (древесина, торф);
- жидкое (биоэтанол, биометанол, биобутанол, биодизель);
- газообразное (биогаз, биоводород).

В биогазовых установках при помощи контролируемого процесса сбраживания биомассы производится газ, который, из-за высокого содержания метана, может быть использован для производства электрической и тепловой энергии. В качестве сырья, используемого в биогазовых установках, так называемых субстратов, часто используется навоз, сельскохозяйственные продукты и агропромышленные отходы.

В биогазовую установку входят [3]:

- накопительный закром (для загрузки субстрата);
- хранилище (для хранения субстрата);
- биореактор или бродительный аппарат (для сбраживания субстрата и образования биогаза);
- резервуар для хранения использованного субстрата (для последующего применения в сельском хозяйстве);
- газовый факел (для выхода неиспользованного метана);
- генератор (для преобразования газа в электрическую энергию).

В настоящее время освоено производство биогазовых установок и чем-то экзотическим они уже не являются. Однако при их использовании возникают отдельные проблемы, требующие своего разрешения.

В связи с тем, что в сельскохозяйственном комплексе нагрузки очень велики (коровники, птицефабрики, свинарники, овчарни, вейлки и сушилки для сельскохозяйственных культур и т. д.), то потребуются несколько биогазовых установок. Тогда встаёт вопрос о совместной работе этих установок. На рисунке 1 представлена наглядная схема работы двух биогазовых установок в режиме синхронизации.

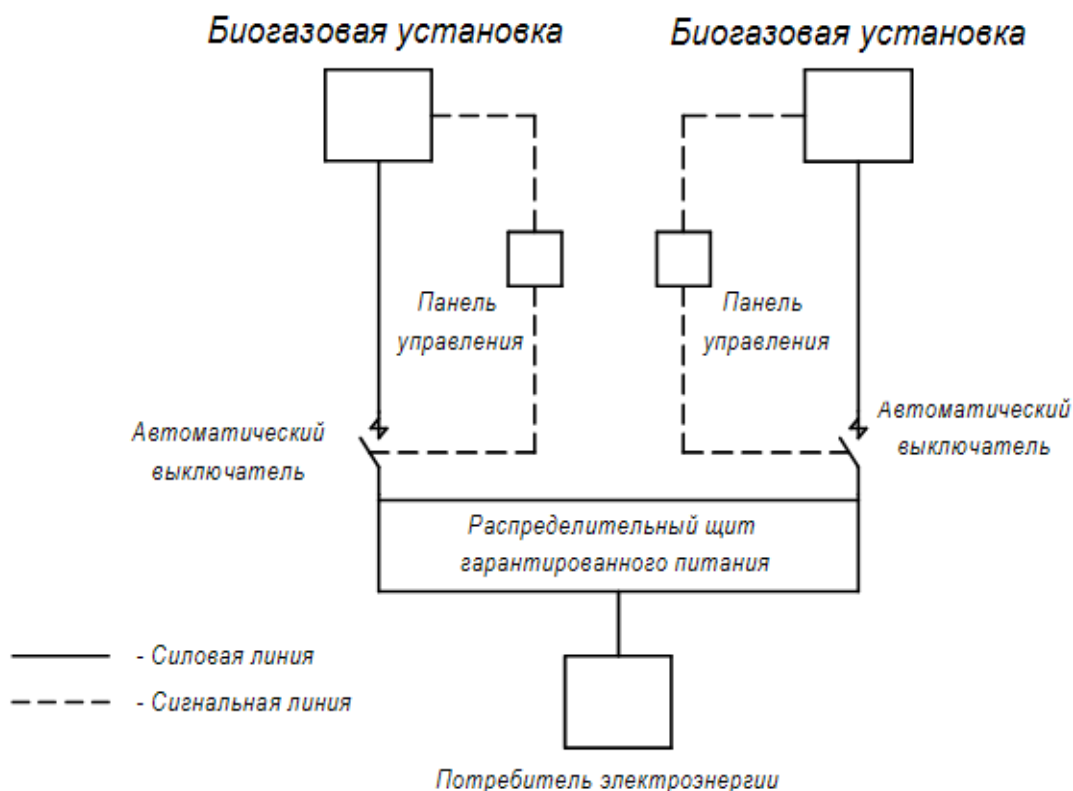


Рисунок 1 – Схема работы 2-х биогазовых установок в режиме синхронизации

Также биогазовые установки можно использовать как резервный источник питания при перебоях электроэнергии. На рисунке 2 показана схема работы установки в этом режиме. Здесь АВС – автоматический выключатель сети, АВГ – автоматический выключатель генератора.

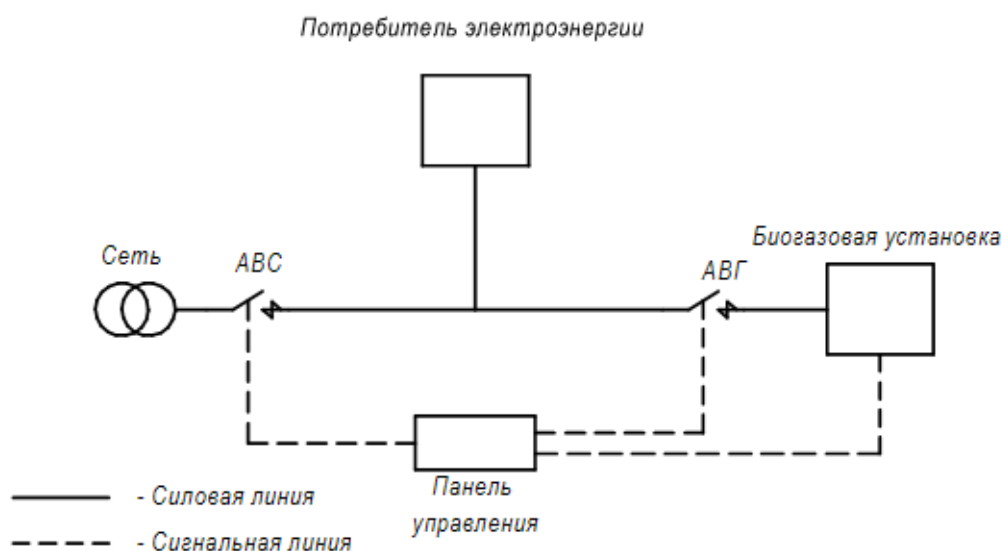


Рисунок 2 – Схема работы биогазовой установки в качестве резервного источника питания. Кратковременная параллельная работа с основной сетью

Возможны и случаи, когда генератор биогазовой установки выдаёт нужную мощность, но в часы пика нагрузки этой мощности не хватает (примером может служить утренняя и вечерняя дойка коров в коровнике), тогда требуется электроэнергия из сети. В этом случае установка подключается параллельно сети, когда происходит пик нагрузки, которую в полной мере не может удовлетворить генератор, недостающая мощность берётся из сети. На рисунке 3 изображена схема длительной работы биогазовой установки с сетью.

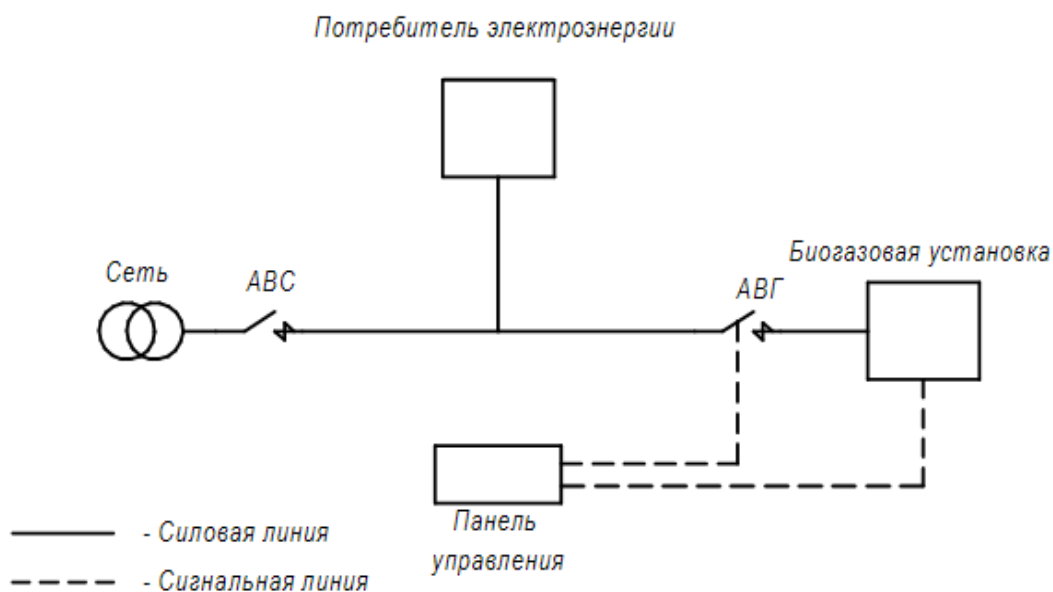


Рисунок 3 – Увеличение мощности основной сети. Длительная работа биогазовой установки параллельно с основной сетью

Таким образом, мы приходим к выводу, что альтернативные источники электроэнергии, а в частности биогаз, постепенно набирают популярность. Биогазовые установки уже применяют в европейской части России, медленно, но верно. Установки экономически выгодны и целесообразны.

Список использованных источников:

1. Альтернативные источники энергии [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://elektrik.info/main/news/614-alternativnye-istochniki-energii.html>.
2. Биотопливо. Виды и типы экологического топлива [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://batsol.ru/vidy-i-tipy-biotopliva.html>.
3. Малые биогазовые установки [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://www.agrobiogaz.ru/smallUnits.php>.

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Борисов И. С. – студент, Компанец 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 и течение рек. Однако данные источники энергии имеют ряд недостатков, таких как высокая стоимость установок, ограниченность области их применения, рассеянность энергии в пространстве 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 так далее) 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 82 000 рублей, а для ВЭУ мощностью 10 кВт – 717 000 рублей. При этом цена дополнительного электрооборудования, такого как контроллер, инвертор и аккумуляторные батареи составят около 68 000 и 396 000 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 в 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. 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. Лопасти ветрогенератора под воздействием ветра вращаются и вращают ротор асинхронного генератора переменного тока либо генератора на постоянных магнитах, которые нашли широкое применение в связи с распространением неодимовых магнитов. В обеих конструкциях генераторов вращающееся магнитное поле, пересекая обмотки, наводит в них переменное напряжение. Переменный ток, полученный с генератора, 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, снижается коэффициент полезного действия (к.п.д.) всей электроустановки, и он будет равен произведению к.п.д. каждого из элементов, входящих в неё.

Предлагается 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.

Существенный недостаток такого генератора – смещение выходного напряжения по фазе относительно напряжения, подаваемого на возбуждение машины. Этот эффект связан с тем, что синусоидальный магнитный поток изменяется по величине согласно с током возбуждения, который становится почти чисто реактивным в виду большого индуктивного сопротивления обмотки возбуждения. Как было доказано опытным путем, для устранения эффекта смещения напряжений достаточно, чтобы ток в обмотке возбуждения совпадал по фазе с напряжением, создающим его, то есть был активным. Включение конденсатора последовательно с обмоткой возбуждения генератора позволяет не только синхронизировать напряжения на выходе и входе генератора, но также компенсировать реактивную мощность, потребляемую генератором и снизить потери в нем и питающей сети.

При изменении скорости вращения ротора генератора пропорционально изменяется скорость движения обмоток в магнитном поле. По закону электромагнитной индукции, электродвижущая сила, наводимая в проводящем контуре, перемещающемся в магнитном поле, прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока. Поэтому, при уменьшении силы, вращающей ротор генератора и, соответственно, уменьшении скорости вращения ротора, необходимо увеличивать ток возбуждения машины, что приведет к возрастанию скорости изменения магнитного потока и увеличению э.д.с. генератора. При увеличении скорости ветра нужно ослаблять магнитное поле машины, чтобы оставить напряжение на выходе генератора неизменным по амплитуде.

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.

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.

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/>

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

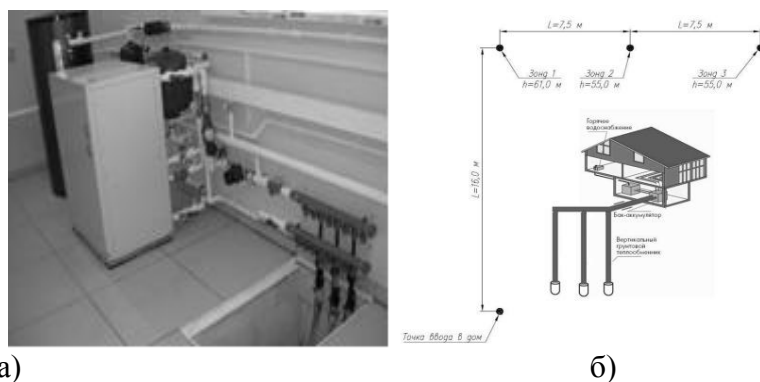
Шарипов Н. Б. – стажер, Федянин В. Я. – д.т.н., профессор

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

На основе обобщения и анализа опубликованных результатов исследований по проблеме нетрадиционных возобновляемых источников энергии обосновывается возможность широкого использования низкопотенциального теплоповерхностных слоев Земли для теплоснабжения жилых домов.

Системы сбора низкопотенциальной тепловой энергии грунта поверхностных слоев Земли, или системы теплосбора, в общем случае включают в себя грунтовый теплообменник и трубопроводы, соединяющие его с теплонасосным оборудованием. Кроме «извлечения» теплоты Земли грунтовые теплообменники могут использоваться и для накопления теплоты (или холода) в грунтовом массиве. Грунтовый теплообменник состоял из трех термоскважин на участке, прилегающем к жилому зданию. Основные геометрические размеры системы сбора низкопотенциального тепла приведены на рисунке 1 б).

Фотография оборудования и схема размещения трех термоскважин на участке, прилегающем к жилому зданию, приведены на рисунке 1 а).



а) Рисунок 1 - Теплонасосная система теплоснабжения

- а) тепловой насос и бак-аккумулятор;
 б) основные геометрические размеры системы сбора низкопотенциального тепла поверхностных слоев Земли.

Система сбора низкопотенциального тепла с вертикальным грунтовым теплообменником представляла собой три скважины глубиной 61 и 55 м, расположенные на расстоянии 7,5 м друг от друга. В скважины была помещена U-образная труба, по одной ветви которой теплоноситель подается вниз, а по другой – возвращается обратно. В качестве теплоносителя системы сбора низкопотенциального тепла грунта, исходя из имеющегося опыта и представленных на рынке веществ и растворов, учитывая их эксплуатационные свойства и стоимость, принят 36%-ый водный раствор этиленгликоля с температурой кристаллизации -20°C . Герметичный грунтовой теплообменник, предварительно испытанный под давлением, погружался в скважину. Перед погружением в заполненную буровым раствором скважину U-образный теплообменник заполняется водой и к нижнему концу теплообменника подвешивается дополнительный груз, чтобы предотвратить его всплытие.

Как и холодильная машина, тепловой насос потребляет энергию на реализацию термодинамического цикла (привод компрессора). Коэффициент преобразования теплового насоса (или **COP**— от английского Coefficient of performance) – отношение тепла, отданного в систему теплоснабжения к затраченной электроэнергии – зависит от уровня температур в испарителе и конденсаторе и колеблется в различных системах от 2,5 до 3,5, т.е. на 1 кВт затраченной электрической энергии тепловой насос производит от 2,5 до 3,5 кВт тепловой энергии. Экономия энергетических ресурсов достигает 70%. Коэффициент COP определяется по формуле (1).

$$\text{COP} = \frac{Q_T}{\sum N_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где COP – коэффициент преобразования теплового насоса;

Q_T – тепловая мощность, кВт;

$\sum N_{\text{пр}}$ – общая мощность электрооборудования теплового насоса, кВт.

По результатам испытаний рассчитан эффективный коэффициент трансформации теплонасосной системы (рисунок 2).

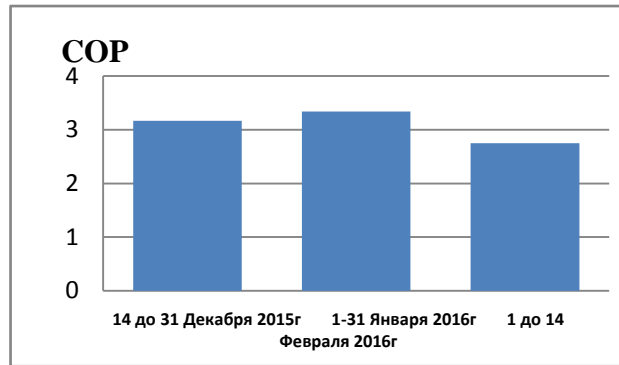


Рисунок 2 - Среднемесячные коэффициенты трансформации

Средняя за отопительный сезон величина COP составила 3,16. Таким образом, на каждый кВт*ч затраченной электрической энергии через систему грунтовых теплообменников в отопительную систему здания поступало около 2,2 кВт*ч «бесплатного» тепла поверхностных слоев Земли.

Выводы:

- использование тепловых насосов взамен сжигания традиционных энергоносителей позволяет существенно уменьшить эмиссию углекислого газа, угарного газа и окислов азота в окружающую атмосферу;
- универсальным источником низкопотенциального тепла для теплонасосных систем отопления служат нагретые в летние месяцы поверхностные слои грунта, которые уже на небольшой глубине имеют практически постоянную температуру в течение всего года.
- регулированием режимов теплосъема можно обеспечить значение эффективного коэффициента трансформации теплонасосной системы больше трех, т.е. при затрате одного кВт*ч электрической энергии получать более трех кВт*ч тепловой энергии в системе теплоснабжения.

Список использованных источников

1. Федянин В.Я., Шарипов Н.Б. Возможности использования возобновляемых источников энергии для повышения эффективности систем теплоснабжения зданий в условиях юга западной Сибири [текст] // Ползуновский Вестник АлтГТУ. - Изд-во АлтГТУ 2014.- №1. С. 202-206.
2. Федянин В.Я., Мещеряков В.А. Инновационные технологии для повышения эффективности алтайской энергетики: Монография Барнаул: Изд во ААЭП, 2010. 192 с.
3. Васильев Г.П., Хрустачев Л.В. «Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии»: ОАО "ИНСОЛАР-ИНВЕСТ".
4. Федянин В.Я., Неймарк И.Б., Шарипов Н.Б. Потенциал замещения отопительной нагрузки при использовании низкопотенциального тепла поверхностных слоев земли [электрон. ресурс]/В.Я.Федянин,И.Б.Неймарк,Н.Б.Шарипов// « GrandAltaiResearch&Education » Наука и образование Большого Алтая». АлтГТУ. – Изд-во АлтГТУ – 2015. – выпуск 2. С. 87-89.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОБЪЕМОВ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

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

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

Процессы и особенности атмосферы изменяются под воздействием деятельности человека. Происходят антропогенные изменения ее газового состава, такие как нарушение естественного состояния озонового слоя, локальное загрязнение атмосферы.

Источником массовых выбросов в атмосферу являются теплоэлектростанции, промышленные предприятия, транспорт, то есть те предприятия, работа которых связана со

сжиганием топлива. Сложившаяся система сжигания топлива является источником загрязнения окружающей среды пылью, окислами серы и углерода. Это воздействие приводит к возникновению парникового эффекта и является причиной закисления почвы и воды, а также других необратимых процессов. Актуальным этот вопрос является и для Алтайского края.

Углекислый газ (CO₂) является парниковым газом, оказывающим наибольшее влияние на климат (примерно 50 %). Согласно докладу Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата, после 1750 года отмечается рост концентрации CO₂ в атмосфере на 35 % [1].

Для оценки влияния на окружающую среду определены объемы антропогенных выбросов парниковых газов в Алтайском крае при сжигании топлива. Расчеты произведены в соответствии с утвержденными распоряжением Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 16.04.2015 № 15-р Методическими рекомендациями по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации [2].

Расчет выбросов парниковых газов осуществлялся по формуле:

$$E_i = A_i \times EF_j, \quad (1)$$

где E_i - выброс в атмосферу i -ого газа; A_i - количественная характеристика деятельности за год, приводящая к выбросу; EF_j - коэффициент выброса для j -ого топлива.

Таблица 1. Совокупный объем выбросов углекислого газа CO₂

№ п/п	Год	Потребление энергии		Выбросы CO ₂ , тыс. тонн
		тыс. т.у.т.	ТJ	
1	2007	7 603,60	223 412,28	18 668,50
2	2011	8 125,08	238 624,26	19 467,45
3	2012	8 487,02	249 314,28	20 400,75
4	2013	6 622,12	194 574,96	16 374,78
5	2014	6 274,61	184 229,66	15 430,17
6	2015	6 871,15	201 677,71	16 946,29

Проанализировав изменение затрат топливно-энергетических ресурсов на производство валового регионального продукта в Алтайском крае в 2007-2015 годах, можно отметить снижение этой величины с 0,034 т.у.т./тыс.руб. в 2007 году до 0,014 т.у.т./тыс.руб. в 2015 году. При этом в последние годы эта величина изменялась незначительно.

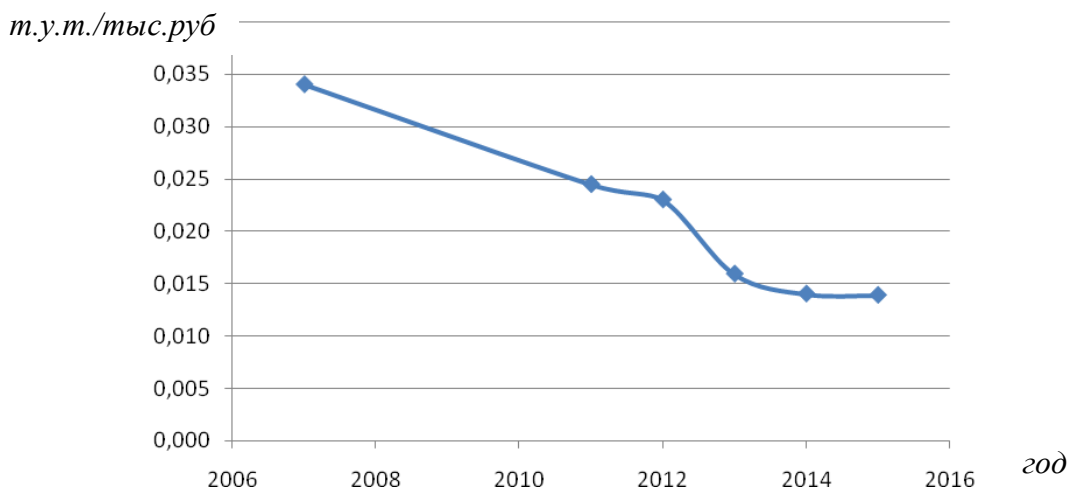


Рисунок 1 – Затраты топливно-энергетических ресурсов на производство валового регионального продукта

Необходимо отметить, что в Алтайском крае отсутствуют значительные запасы ископаемых видов топлива, при этом стоимость электрической энергии одна из самых высоких в Сибирском Федеральном округе. С учетом того, что уголь, природный газ и нефтепродукты ввозятся в Алтайский край из других субъектов Российской Федерации, необходимо отметить зависимость энергетики региона от привозного топлива.

В то же время Алтайский край располагает значительными ресурсами возобновляемых источников энергии. Их использование может способствовать снижению воздействия на окружающую среду за счет снижения объемов сжигания ископаемого топлива.

Таблица 2 - Ресурсы возобновляемых источников энергии Алтайского края, млн. т у.т./год [3]

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	1 126,0	87,4	0,4
Энергия солнечной радиации	26 038,3	26,0	0,2
Низкопотенциальное тепло	529,9	3,4	0,4
Итого НВИЭ	27 700,2	118,9	2,1

Системы энергоснабжения, использующие возобновляемые источники энергии с учетом их экономического потенциала, способны заместить энергию, вырабатываемую с использованием угля. Информация о потреблении топливно-энергетических ресурсов в Алтайском крае в 2015 году и экономическом потенциале возобновляемых источников энергии региона приведены на рисунке.

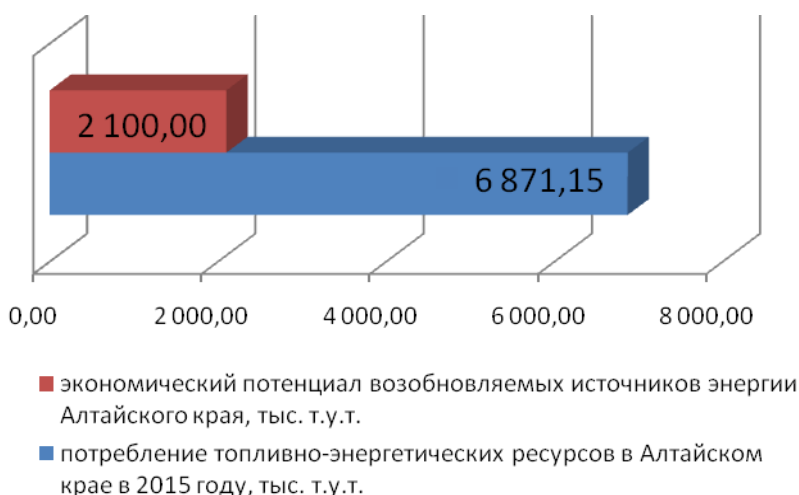


Рисунок 2 - Потребление топливно-энергетических ресурсов в Алтайском крае в 2015 году и экономический потенциал возобновляемых источников энергии

Внедрение в Алтайском крае таких систем позволит заместить в год 2,1 млн. т у.т. угля. При этом объем выбросов углекислого газа CO₂ можно сократить, примерно, на 5 600 тыс. тонн, что составляет около 33 % от уровня выбросов CO₂ в 2015 году.

Оценивая перспективы развития возобновляемой энергетики в Алтайском крае, можно отметить их важную роль и влияние на изменение климата, связанного с антропогенными изменениями газового состава атмосферы.

Использование в Алтайском крае возобновляемых источники энергии позволит сократить выбросы углекислого газа и продуктов горения в окружающую среду. Кроме того, их применение обеспечит сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу и будет способствовать улучшению экологической ситуации в регионе.

При этом, современные установки, на базе возобновляемых источников энергии, способны обеспечить повышение надежности систем электроснабжения на основе радиальных линий электропередачи 0,4/10 кВ, сократить потери электрической энергии при ее передаче.

Список использованных источников:

1. МГЭИК, 2007: Изменение климата, 2007 г. Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в Четвёртый доклад об оценке 52 Межправительственной группы экспертов по изменению климата [Пачаури Р.К, Райзингер А. и основная группа авторов (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария. – 104 с.

2. Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 16.04.2015 № 15-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.altstu.ru/media/f/Rasporyazhenie-Pr-va-RF-15-r-ot-16-04-2015-_utv-metod-rekomend.pdf – Загл. с экрана.

3. 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.