



УДК:621.311.21:697.1



А.К. АКМАТОВ

КГУСТА ИМЕНИ Н. ИСАНОВА ,
БИШКЕК, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА
E-MAIL: ADYL_@RAMBLER.RU

А.К. АКМАТОВ

KSUCTA N.A. N. ISANOV,
BISHKEK, KYRGYZ REPUBLIC
E-MAIL: ADYL_@RAMBLER.RU

Т.Т. ТЮЛЕБЕРДИЕВ

КГУСТА ИМЕНИ Н. ИСАНОВА ,
Г. БИШКЕК, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА
E-MAIL: TYNYSTAN.TULEBERDIEV@MAIL.RU

Т.Т. TULEBERDIEV

KSUCTA N.A. N. ISANOV,
BISHKEK, KYRGYZ REPUBLIC
E-MAIL: TYNYSTAN.TULEBERDIEV@MAIL.RU

Б.К. КАРГАНБЕКОВ

КГУСТА ИМЕНИ Н. ИСАНОВА ,
Г. БИШКЕК, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА
E-MAIL: BEKBOL_FOREVER@MAIL.RU

В.К. KARGANBEKOV

KSUCTA N.A. N. ISANOV,
BISHKEK, KYRGYZ REPUBLIC
E-MAIL: BEKBOL_FOREVER@MAIL.RU

E.mail. ksucta@elcat.kg

ВОЗМОЖНОСТЬ ОТОПЛЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ДОМОВ ОТ МАЛОЙ ГЭС

THE POSSIBILITY OF HEATING FARMHOUSES FROM THE SMALL HYDROELECTRIC POWER STATION

Бул макалада айылдагы үйлөрдү көмүр менен жылытууга караганда чакан ГЭСтен иштелип чыккан электр энергиясы менен жылыткан көп эсе арзанга турары көрсөтүлгөн.

Чечүүчү сөздөр: чакан ГЭС, жылуулук, көмүр, жылуулукту эсептөө, жылытуу, электр энергиясы, айылдагы үйлөр.

В статье приведена возможность отопления населенных пунктов малыми ГЭС, показывающая, что стоимость электроэнергии на отопление от них обходится намного дешевле чем отопление углем.

Ключевые слова: малая ГЭС, отопление, уголь, теплотехнический расчет, утепление, электрическая энергия, сельские дома.

The article describes the possibility of heating small settlements with small HPPs, showing that the cost of electricity for heating from them is much cheaper than coal heating.

Key words: small hydroelectric power station, heating, coal, heat engineering calculation, insulation, electrical energy, farmhouses.



Для отопления домов и приготовления пищи зимой в селах используют уголь, запасы которого в стране достаточно большие. Каждая семья закупает уголь, что оказывает определенное давление на бюджет семьи. Расход угля зависит от местоположения населенных мест, естественно в горных селениях, где зима относительно длинна, требуется больше угля, что также влияет на бюджет семьи. Но как известно, большинство населенных мест находится возле рек и речек. И это дает возможность построить микро или малые ГЭС, в зависимости от востребованных мощностей, зависящих от размеров населенного пункта.

Также следует отметить, что экономия электроэнергии в большей степени достигалась бы утеплением жилых зданий населенных мест, то есть повышением их энергоэффективности что к сожалению, в данное время не осуществляется в достаточной степени и это привело бы к уменьшению срока окупаемости малых ГЭС.

В Кыргызстане имеются давние традиции и богатый опыт строительства и эксплуатации малых ГЭС. Однако по ряду причин, в первую очередь в связи с успешным осуществлением обширной программы строительства мощных электростанций и созданием крупных энергосистем, к которым были подключены и сельские потребители электроэнергии, начиная примерно с 60-х годов интерес к малым ГЭС был утерян, и большое их число было законсервировано как нерентабельные по сравнению с другими энергоисточниками. Строительство и модернизация замороженных малых ГЭС в настоящее время на базе новой техники могут внести заметный вклад в обеспечение надежного электроснабжения многих районов нашей страны.

В данной статье мы хотим привести пример возможности применения электроэнергии, генерируемых малым ГЭС в основном для отопления домов. Так как, как будет показано ниже, по сравнению с отоплением твердым топливом, например, углем применение электроэнергии существенно обходится дешевле для населения сел.

Начнем с расчета ограждающей конструкции среднестатистического жилого дома из мелкоштучных элементов в селах на примере Аксуйского аильного округа. Исходные данные: район населенного пункта – Ак-Суйский аильный округ; - ограждающая конструкция - наружная стена из керамического глиняного кирпича. кирпич пустотелый с размерами пустот 20x20 мм [1]. Кирпичная кладка из пустотелого кирпича, толщиной 380 мм (1,5 кирпича) с плотностью 1400 кг/м³ на растворе М – 50. Температура внутреннего воздуха $t_{в} = 20$ °С, относительная влажность воздуха $\omega = 50\%$ [2]; температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 $t_{н5} = -20$ °С для Чуйской области; средняя t отопительного периода $t_{от.пер.} = -2,6$ °С [3]; продолжительность отопительного периода $Z_{от.пер.} = 195$ суток [3]; зона влажности - 3 – сухая; - влажностный режим помещений – сухой [3].

Конструкция стены принята в соответствии с рис. 1. : δ_1 – штукатурка ($\lambda = 0,7$ Вт/м²·°С), $\gamma = 1700$ кг/м³, δ_2 - кладка из керамического пустотного кирпича ($\lambda = 0,52$ Вт/м²·°С), $\gamma = 1300$ кг/м³ на цементно-песчаном растворе, толщина (380мм=250+120+10); δ_3 - штукатурка ($\lambda = 0,7$ Вт/м²·°С) $\gamma = 1700$ кг/м³ [4].

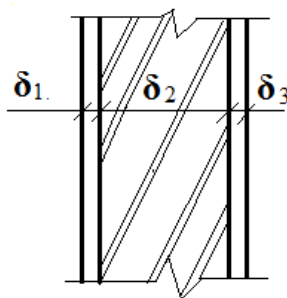
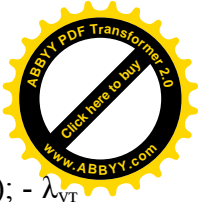


Рис. 1. Расчетная схема стены

Величины теплотехнических показателей и коэффициентов:



- $n=1$; - $t = 4$; - $\alpha_{в}=8,7$; - $\alpha_{н}=23$; - $\lambda_{кн}=0,7$ (штукатурка); - $\lambda_{кв}=0,52$ (кирпичная стена); - $\lambda_{ут}=0,7$ (штукатурка).

Для определения толщины ограждающей конструкции найдем:

а) требуемое сопротивление теплопередаче $R_o^{пр}$ исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий по формуле:

$$= \frac{1(20 - (-2,6))}{4 \times 8,7} = \frac{22,6}{34,8} R_o^{пр} = \frac{n(t_{в} - t_{н})}{\Delta t_{н} \cdot \alpha_{в}}$$

б) требуемое сопротивление теплопередаче $R_o^{пр}$ по условиям энергосбережения:

$$GCOП = (t_{в} - t_{от. пер}) Z_{от. пер} = (20 - (-2,6)) 195 = 4407 \text{ } ^\circ\text{Cсут}[5]$$

Интерполяцией по таблице 4 [27] определяем:

$$R_o^{пр} = 3,08 \text{ (м}^2 \cdot \text{C)}/\text{Вт.}$$

Далее в расчетах будем применять $R_o^{пр}$ как максимальное из $R_o^{тр}$ и $R_o^{пр}$.

Определение толщины конструкции стены. Так, как толщины наружной кирпичной кладки известны и составляют: - наружная кладка из керамического кирпича - 0,38 м;

Расчетом необходимо определить требуемую толщину утеплителя.

Толщину утеплителя будем определять по формуле:

$$\text{Примем } R_o = R_o^{пр} = 3,08, \text{ тогда } \delta_2 = 0,65(3,08 - 1/8,7 - 0,025/0,7 - 0,025/0,7 - 1/23) = 1,6 \text{ м}$$

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{в}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{н}} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{н}}$$

толщина кирпичной кладки- т.е. $1,6/0,25 = 6,4$ требуется почти 6 рядная кладка, что не допустимо дорого, то есть стены необходимо утеплять.

Делаем пересчет с учетом утеплителя, т.е. находим толщину полистирольного утеплителя $\delta_3 = 0,041(3,08 - 1/8,7 - 0,025/0,7 - 0,38/0,52 - 0,025/0,7 - 1/23) = 0,086 \text{ м}$, где δ_3 - толщина утеплителя кирпичной кладки, м,

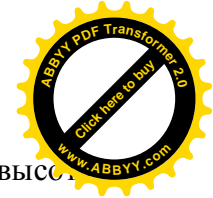
Округляем толщину утеплителя до 0,09 м, т.е.90 мм Тогда с учетом размеров вертикальных растворных швов равных 10мм общая толщина наружной стены будет равна: $90 + 25 + (250 + 10 + 120) + 25 = 520 \text{ мм}$

То есть утепление наружных стен уменьшает ее требуемую толщину в $1,6/0,52 = 3$ раза.

В связи с этим в домах идут большие теплотери, так как дома в основном имеют толщину стен в 1,5 кирпича без учета наружной и внутренней штукатурки ограждающих конструкций.

Расчет тепловой нагрузки на отопление дома. Потребительский подход к выбору сопротивления теплопередаче наружных ограждений. Сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждения не должно быть ниже минимальных величин: для стен жилого дома $R_c = 0,63R_o$, для пола и потолка $R_{пл} = 0,8R_o$, $R_{пт} = 0,8R_o$, для окон $R_{ок} = 0,95R_o$ –из нормативных документов. Удельный расход тепловой энергии за отопительный период, то для нашего дома эта величина равна $125 \text{ кДж/ м}^2 \cdot \text{C}^* \text{ сут}[5]$, так как в среднем дома имеют площадь 95 м^2 . Удельная отопительная характеристика дома:

$$q_o = [P/S ((k_c + \phi (k_{ок} - k_c)) + 1/H (k_{пт} + k_{пл}))],$$



где p - периметр здания, ϕ - коэффициент остекления наружных стен = 0,25, H - высота здания. Тогда:

$$q_0 = [42/94 * ((0,52 + 0,25(2,1 - 0,52)) + 1/5 (0,31 + 0,27))]=0,46 \text{ Вт/м}^3\text{°C},$$

Расчетная тепловая нагрузка на отопление при потребительском подходе будет $Q_{o.p} = \alpha q_0 V (t_b - t_n) 10^{-3} = 1,17 \times 0,46 \times 374 (20 - (-20)) \times 10^{-3} = 8,1 \text{ кВт}$, где $Q_{o.p}$ -

расчетная тепловая нагрузка на отопление, кВт; α - поправочный коэффициент, учитывающий климатические условия района и применяемый в случаях, когда расчетная температура наружного воздуха t_n отличается от -30 °C [3]; q_0 - удельная отопительная характеристика здания [6]; V - объем отапливаемой части здания по наружному обмеру, м³; t_b - расчетная температура воздуха внутри отапливаемого здания, °C; t_n - расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °C [7, 8].

То есть расчетная тепловая нагрузка на отопление дома по потребительскому подходу к выбору сопротивления теплопередаче наружных ограждений, с учетом непредвиденных потерь тепловой энергии будет:

$Q_{o.p} = 8,1 \cdot 1,2 \approx 9,72 \approx 10 \text{ кВт}$. То есть потребность в электроэнергии будет 10 кВт час.

Расчет годовой выработки электроэнергии. Годовая выработка электроэнергии рассчитывается по общеизвестной формуле:

$$E_{\text{год}} = \sum E_{\text{мес}}$$

где $E_{\text{мес}}$ - месячная выработка электроэнергии, кВт·ч/мес:

$$E_{\text{мес}} = 24 \cdot P_{\text{мес}} \cdot M_{\text{к}}$$

где $M_{\text{к}}$ - количество дней в месяце; $P_{\text{мес}}$ - среднемесячная мощность ГЭС, кВт, рассчитывается по формуле: $P_{\text{мес}} = g \cdot Q_{\text{мес}} \cdot H_p \cdot \eta_{\text{агр}}$

$$1. P_{\text{мес}} = g \cdot Q_{\text{мес}} \cdot H_p \cdot \eta_{\text{агр}} = 9,8120,7 \cdot 41 \cdot 0,82 = 6827,11 \text{ кВт};$$

$$2. P_{\text{мес}} = g \cdot Q_{\text{мес}} \cdot H_p \cdot \eta_{\text{агр}} = 9,81 \cdot 20,7 \cdot 60 \cdot 0,82 = 9990,89 \text{ кВт},$$

Тогда по (6.11) 1 вариант: при $H_p=41$ м- $E_{\text{мес}} = 24 \cdot 6827,11 \cdot 31 = 5079369,84 \text{ кВт} \cdot \text{час} / \text{мес}$;

2 вариант: при $H_p=60$ м- $E_{\text{мес}} = 24 \cdot 9990,89 \cdot 31 = 7433222,16 \text{ кВт} \cdot \text{час} / \text{мес}$.

Месячная выработка электроэнергии составляет около:

$$E_{\text{мес}} = 12512592 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{мес}$$

$$E_{\text{год}} = E_{\text{мес}} \cdot 12 = 12512592 \cdot 12 = 150151104 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Так как в предположении что холодный период года в Чуйской долине составляет начиная с ноября по март, то есть около 5 месяцев, то на отопление ушло бы $E_{5\text{мес}} = E_{\text{мес}} \cdot 5 = 5 \cdot 12512592 = 62562960 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

Общий годовой расход электроэнергии на собственные нужды ГЭС определяем по укрупненным показателям, для станций он в среднем равен $K_{\text{сн}} = 2,5-35 \%$ от общего количества вырабатываемой электроэнергии, тогда расход энергии на собственные нужды составит:

$$E_{\text{сн.г.}} = E_{\text{год}} \cdot K_{\text{сн}} = 150151104 \cdot 0,025 = 3753777,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

$$\text{А на 5 месячный отопительный период } E_{\text{сн.5мес}} = E_{5\text{мес}} \cdot K_{\text{сн}} = 62562960 \cdot 0,025 = 1564074 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Тогда полезный отпуск энергии составит:

$$E_{\text{отп.г.}} = E_{\text{год}} - E_{\text{сн.}} = 150151104 - 3753777,6 = 146397326,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}.$$

А полезный отпуск на 5 месяцев составит

$$E_{\text{отп.5мес}} = 62562960 - 1564074 = 60998886 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Для оценки работы ГЭС в энергосистеме служит условное число часов использования установленной мощности в году T_y представляющее собой отношение:

$$T_y = E_{\text{отп.г.}} / N_y,$$



где N_y — установленная мощность ГЭС;
 $\mathcal{E}_{от.г.}$ — среднегодовая выработка.

тогда $T_y = 146397326,4 / 6827,11 + 9990,89$ (см. табл. 6.3) $= 146397326,4 / 16818 = 8704,8$ ч.
 Для остропиковых ГЭС $T_y \leq 2000$ ч, а для ГЭС, работающих в полупиковом режиме, T_y возрастает до 4000 ч. Если ГЭС предназначается для базисной работы, то T_y составляет обычно 6000—6500 ч. Теоретическим пределом является $T_y = 8760$ ч $> 8704,8$, то есть наша ГЭС работает в пределах нормы.

Эксплуатационный персонал на ГЭС существенно меньше, чем на тепловой или атомной электростанции аналогичной мощности.

Расчет электрических нагрузок. В Ак-Суйском аильном округе проживают около 8 тыс. жителей. Если предположить, что в семье в среднем 5 человек, то количество домов будет в среднем 1600 домов. Из предыдущей главы мы высчитали, что в среднем для отопления дома требуется около $10 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 24 \text{ ч} \cdot 30 \text{ дн} = 7200 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ в месяц.

То на 5 месяцев отопительного периода будет $7200 \cdot 5 \text{ мес} = 36\,000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ на один дом. На отопление всех домов аильного округа потребность составит $\mathcal{E}_{от} = 1600 \cdot 36000 = 57600000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

Так как на 5 месяцев отопительного периода расход составит $\mathcal{E}_{отп. 5 \text{ мес}} = 60998886 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, то $60998886 - 57600000 = 3398886 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ будет излишек электроэнергии в холодное время года.

Распределение нагрузок на другие виды потребления. В проекте задана общая нагрузка потребителя $P = 5,4 \text{ кВт}$, которая обеспечивается электроснабжением от малой ГЭС. Вся нагрузка распределяется по электрическим приемникам на один дом.

Электрическая нагрузка отдельных потребителей, а, следовательно, и суммарная их нагрузка, определяется режимом работы электростанций, непрерывно меняется. Принято отражать этот факт графиком нагрузки, т. е. диаграммой изменения мощности (тока) электроустановки во времени (табл. 6.5).

Необходимая суммарная потребность \mathcal{E} (кВт) в электрической энергии за сутки

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^n p_i * t_i,$$

где p_i — мощность соответствующего потребителям

t_i — время использования соответствующего потребителя за сутки;

n — количество потребителей

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^n (0,75 * 4) + (0,18 * 12) + (0,04 * 4) + (0,38 * 1) + (0,27 * 5) + (1,5 * 2) + (1,3 * 2) + (1,5 * 0,5) + (0,05 * 2) = 12,54 \text{ кВт}$$

Суммарная потребность составляет $\mathcal{E} = 12,54 \text{ кВт}$.

Годовой потребность электрической энергии составляет:

$W_{с.г.потр.} = 12,54 * 30 * 12 = 4514,4 \text{ кВт}$ на один дом, тогда на 1600 домов составит

$W_{с.г.потр.} = 1600 * 4514,4 = 7223040 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ в год.

В 5 месячный отопительный период потребность будет:

$W_{с.потр. 5 \text{ мес.}} = 12,54 * 30 \text{ дн} * 5 \text{ мес} * 1600 = 1881 * 1600 = 3009600 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$

С учетом потребности на отопление энергопотребности всего в 5 месячный

отопительный период на 1600 домов составит $\mathcal{E}_{\Sigma 5 \text{ мес}} = W_{с.потр. 5 \text{ мес.}} + \mathcal{E}_{от}$

$= 3009600 + 57600000 = 60609600 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, то есть вырабатываемой ГЭСом в отопительный

период мощности $\mathcal{E}_{отп. 5 \text{ мес}} = 60998886 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ вполне перекрывает эти потребности. То

есть остается еще излишек в:



$\mathcal{E}_{\text{отп } 5 \text{ мес}} - \mathcal{E}_{\Sigma 5 \text{ мес}} = 60998886 - 60609600 = 389286 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, которую можно использовать для других потребителей, как то школа, клубы, магазины и т.д в холодное время года.

В остальные 7 месяцев теплого периода расход составит

$$W_{\text{с.потр } 7 \text{ мес.}} = 12,54 \cdot 30 \text{ дн} \cdot 7 \text{ мес} \cdot 1600 = 4213440 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Общая годовая потребность в электроэнергии для 1600 домов составит

$$\mathcal{E}_{\text{год потр}} = W_{\text{с.потр } 7 \text{ мес.}} + \mathcal{E}_{\Sigma 5 \text{ мес}} = 4213440 + 60609600 = 64823040 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

ГЭСы вырабатывают суммарно $\mathcal{E}_{\text{отп.г.}} = 146397326,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, тогда $\mathcal{E}_{\text{отп.г.}} - \mathcal{E}_{\text{год потр}} = 146397326,4 - 64823040 = 81574286,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ излишек электроэнергии, которую можно будет использовать для других потребителей.

Стоимость электроэнергии в холодное время года для одного дома айльного округа приблизительно составит $СТ_{\text{эл}} = \mathcal{E}_{\Sigma 5 \text{ мес}} / 1600 \text{ домов} / 5 \text{ мес.} \cdot 0,77 \text{ сом} = 64823040 / 1600 / 5 \cdot 0,77 = 6239,22 \text{ сом}$ в месяц, но с учетом, что от малой ГЭС тарифы в 7 раз меньше, то $6239,22 / 7 = 891 \text{ сом}$, и с учетом 20% издержек составит $891 + 891 \cdot 0,2 = 1069 \text{ сом}$, в том числе только на отопление

$СТ_{\text{эл}} = \mathcal{E}_{\text{отп}} / 1600 / 5 \cdot 0,77 = 57600000 / 1600 / 5 \cdot 0,77 = 5544 \text{ сом}$ в месяц. Это стоимости при существующих тарифах, но при использовании малых ГЭС, стоимость на отопление может снизиться почти в 6-8 раза.

и может составить на отопление в среднем где-то $5544 / 7 = 792 \text{ сом}$ в месяц, с учетом 20 % издержек ГЭС, стоимость стало бы $792 + 0,2 \cdot 792 = 950,4 \text{ сом}$ в месяц.

Стоимость за 5 месяцев отопительного периода составило бы $5 \cdot 950,4 = 4752 \text{ сом}$ на каждую семью.

Учитывая, что тонна угля в Кыргызстане стоило в 2016 г. в среднем 3100 сом за тонну, а минимум покупают 3 тонны, то стоимость угля составило бы $3 \cdot 3100 = 9300 \text{ сом}$, то есть использование электроэнергии от малой ГЭС обошлось бы намного дешевле чем отопление углем на $9300 - 4752 = 4548 \text{ сом}$, или дешевле на 52 % чем отапливать углем.

Список литературы

1. ГОСТ 530-2007 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия».
2. СНиП 2.08.01-90 Жилые здания. -М.: Госстрой СССР, 1990. - 35с.
3. СНиП КР 23-02-00 "Строительная климатология" [Текст] / Государственная инспекция по архитектуре и строительству при Правительстве Кыргызской Республики.
4. Лихненко Е.В. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций гражданских зданий [Текст]: методические указания / Е.В.Лихненко. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003 – 26 с.
5. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий [Текст] / Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.
6. СП 50.13330.2012. Свод правил тепловая защита зданий [Текст] / Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
7. Захаренко С.Е. Справочник строителя тепловых сетей [Текст] / С. Е. Захаренко, Ю. С. Захаренко, И. С. Никольский, М. А. Пищиков // Под общ. ред. С. Е. Захаренко. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 184 с.
8. СНиП II- Г.10-73*(II -36-73*) Тепловые сети. Нормы проектирования [Текст] М.: 1985.