

Дешевая энергія для устройства трамвайнаго сообщенія и электрическаго освѣщенія въ г. Архангельскѣ.

Вопросъ объ устройствѣ трамвая и электрическаго освѣщенія въ г. Архангельскѣ продолжаетъ интересовать горожанъ. Пройдя довольно длинную стадію предварительныхъ совѣщаній и общедумскихъ обсужденій, вызвавъ дебаты на страницахъ мѣстныхъ газетъ, онъ, повидимому, подвигается къ своему разрѣшенію. Нѣсколько мѣсяцевъ назадъ городская управа поручила выработать эскизный проектъ проведенія трамвая одному изъ московскихъ инженеровъ, г. Поливанову, и надѣется въ скоромъ времени получить отъ него всѣ данныя по этому вопросу. Такимъ образомъ, часть теоретической работы будетъ выполнена, и передъ городской думой встанетъ сложный вопросъ реализаціи предпріятія.

Не касаясь финансовой стороны дѣла, т. е. источника денежныхъ средствъ для оборудованія трамвая и освѣщенія, я постараюсь въ настоящей статьѣ указать одинъ изъ способовъ разрѣшенія вопроса съ технической стороны и одновременно, хотя бы схематично, намѣтить тѣ основные принципы, которые должны быть положены въ основу правильнаго расчета для устройства такого предпріятія.

* * *

Устройство трамвая и электрическаго освѣщенія, какъ и оборудованіе всякаго техно-промышленнаго предпріятія, ставитъ вопросъ объ источникѣ энергіи, т. е. будетъ ли для означенныхъ цѣлей устроена силовая станція, или же энергія будетъ добываться инымъ путемъ, напримѣръ, путемъ использованія естественной силы природы.

Разберемъ объ комбинаціи поочередно.

При постройкѣ центральной электрической станціи возникаютъ слѣдующіе главные вопросы:

- а) опредѣлить наивыгодный способъ полученія энергіи, т. е. примѣнить ли для означенной цѣли паровыя машины, двигатели внутренняго сгорания, или же утилизировать какую-либо силу природы;
- б) будетъ ли утилизироваться электрическая энергія исключительно для трамвая и освѣщенія, или же станція будетъ обслуживать городскія и частныя промышленныя предпріятія;
- с) каковъ будетъ годовой расходъ энергіи въ первый годъ и его суточные колебанія;
- д) въ какой пропорціи будетъ увеличиваться годовой расходъ энергіи съ теченіемъ времени функціонирования станціи.

Судя по всему, городская управа имѣетъ въ виду постройку силовой станціи.

Въ зависимости отъ этого стоитъ кардинальный вопросъ всякаго техно-промышленнаго предпріятія — вопросъ топлива и величина полезнаго коэффиціента использованія его машинами.

Разсмотримъ наиболѣе принятые на практикѣ двигатели для центральныхъ электрическихъ станцій.

Въ такомъ дѣлѣ двигатель долженъ удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

1. Minimum топлива и большой эффектъ.
2. Прочность конструкціи и портативность.
3. Ровный ходъ.
4. Возможность перегрузки въ продолженіе одного-двухъ часовъ до 20%.
5. Простота монтировки, ухода, доступность частей для ремонта и осмотра.
6. Минимальная смазка и система ея подачи въ движущіяся части.

Лошадиная сила развиваетъ 75 килограмметровъ работы въ

секунду, а въ часъ $75 \times 60 \times 60 = 270000$ килограммометровъ. Калорія развиваетъ 424 килограмметра, т. е. для полученія одной лошадиной силы нужно затратить почти $270000 / 424 = 637$ калорій.

Паровыя машины въ зависимости отъ силы и конструкціи расходуютъ на силу-часъ отъ 12,21 до 1,2 фунта угля при теплотворной способности послѣдняго 3074 калоріи въ одномъ фунтѣ. Слѣдовательно, для паровыхъ машинъ перваго типа мы имѣемъ $637 \times 100 / 37500 = 1,7\%$ коэффициентъ полезнаго дѣйствія; для вторыхъ машинъ $637 \times 100 / 3750 = 16,9\%$ коэф. полезнаго дѣйствія.

Спиртовые двигатели расходуютъ 0,5 кило 90% денатурированнаго спирта при теплотворной способности его 5500 калорій въ фунтѣ, т. е. на силу-часъ затрачивается 2750 калорій, откуда коэффициентъ полезнаго дѣйствія равенъ 23%.

Керосиновые двигатели потребляютъ въ среднемъ на силу-часъ 0,5 кило керосина съ теплотворной способностью 10300 калорій, т. е. $637 \times 100 / 0.5 \times 10300 = 12,1\%$ коэф. полезнаго дѣйствія.

Бензиновые двигатели въ зависимости отъ величины конструкціи расходуютъ отъ 0,45 до 0,25 килограммъ бензина въ 10300 калорій, т. е. коэффициентъ полезнаго дѣйствія въ первомъ случаѣ опредѣлится въ $637 \times 100 / 0.45 \times 10300 = 13,8\%$, а во второмъ въ $637 \times 100 / 2570 = 24,8\%$.

Нефтяные двигатели расходуютъ въ часъ при 25 силахъ $\frac{1}{3}$ фунта на силу-часъ, при 50 силахъ $\frac{7}{8}$ ф. на силу-часъ, при 100 силахъ $\frac{7}{8}$ ф. на силу-часъ. Если теплотворная способность нефти 10100 калорій въ 1 кило, то въ фунтѣ $10100 / 2,44 = 4100$ (въ круглыхъ цифрахъ). Значитъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія мотора въ 100 лош. силъ будетъ $637 \times 100 / 0.875 \times 4100 = 17,5\%$.

Газомоторы, работающіе на свѣтильномъ газѣ съ теплотворной способностью въ 5000 калорій въ одномъ кубическомъ метрѣ, потребляютъ отъ 0,7 куб. метра на силу-часъ до 0,450 куб. метра, т. е. коэффициентъ полезнаго дѣйствія моторовъ колебался отъ 18% до 28%.

Газомоторы, работающіе на силовомъ газѣ изъ антрацита съ теплотворной способностью въ 8000 калорій въ одномъ кило, поглощаютъ 0,55 кило антрацита; при большихъ самовсасывающихъ газогенераторныхъ установкахъ этотъ расходъ понижается до 0,33 кило на силу-часъ. Слѣдовательно, коэффициентъ полезнаго дѣйствія газомоторовъ варьируетъ отъ $637 \times 100 / 0.55 \times 800 = 14,5\%$ до $637 \times 100 / 0.33 \times 800 = 55\%$.

Двигатели системы Дизеля въ 100 лошадиныхъ силъ расходуютъ нефти съ 10100 калорій въ одномъ кило, всего 0,5 кило, т. е. коэффициентъ полезнаго дѣйствія опредѣлится въ $637 \times 100 / 0.5 \times 4100 = 31\%$.

Паровыя турбины можно приравнять по коэффициенту полезнаго дѣйствія къ лучшимъ паровымъ машинамъ, т. е. 16,9%.

* * *

Такимъ образомъ, лучшими изъ двигателей для оборудованія силовой станціи являются двигатель внутреннего горѣнія Дизеля и паровая турбина.

Сравнимъ ихъ хорошія стороны и недостатки.

Двигатель Дизеля даетъ:

- 1) большой эффектъ по сравненію со всѣми калорическими двигателями и паровой турбиной;
- 2) расходъ топлива при правильной монтiroвкѣ и уходѣ мѣняется мало;
- 3) двигатель можетъ довольно правильно регулироваться;
- 4) скорый и легкій пускъ въ ходъ въ любой моментъ;
- 5) отсутствіе котла, а слѣдовательно сажи и дыма;
- 6) расходъ воды на охлажденіе для одной дѣйствительной лошадиной силы въ часъ равенъ 10—12 литровъ при температурѣ входящей 10°C и выходящей 70°C;
- 7) портативность двигателя.

Недостатки Дизеля:

- 1) масса мелкихъ частей, присущихъ всѣмъ калорическимъ двигателямъ, а поэтому слишкомъ частая порча ихъ;
- 2) видоизмѣненіе качества топлива вліяетъ на изнашивание клапановъ и цилиндра, что зачастую приводитъ къ полной гибели двигателя;
- 3) двигатель не выноситъ перегрузки въ должныхъ размѣрахъ;
- 4) ременная передача, поглощающая значительную энергію, и опасности для служащихъ, сопряженные съ ней;
- 5) двигатели Дизеля, какъ и всѣ калорическіе двигатели, на практикѣ не развиваютъ того количества лошадиныхъ силъ, на которое они сконструированы. Они работаютъ хорошо пока новы, малѣйшая же порча частей ведетъ къ уменьшенію мощности или же къ ненормально большому расходу топлива;
- 6) большой расходъ на смазку;
- 7) дороговизна;
- 8) тщательный надзоръ подъ руководствомъ хорошаго спеціалиста по Дизелямъ.

Паровыя турбины. Для сравненія я возьму *трубогенераторъ* переменнаго тока на 1000 киловаттъ системы Кертиса «Всеобщей компаніи электричества». Онъ представляетъ собой компактную конструкцію, состоящую изъ рабочей паровой турбины и генератора, расположенныхъ на общей фундаментной плитѣ и одномъ рабочемъ валѣ.

Турбогенераторъ имѣетъ:

- 1) всѣ качества лучшей паровой машины;
- 2) солидную конструкцію;
- 3) отсутствіе мелкихъ трущихся частей;
- 4) простота монтажа;
- 5) всѣ опасныя части скрыты въ кожухѣ;
- 6) простота ухода;
- 7) принадлежитъ къ типу активныхъ, имѣетъ 2 ступени давленія и въ каждой ступени по двѣ ступени скорости. Въ первой половинѣ является парціальнымъ;

- 8) гарантированный расходъ пара при нормальной нагрузкѣ въ 1000 киловаттъ 7,6 килограмма на киловаттъ-часъ;
- 9) правильная регулировка;
- 10) длительная перегрузка въ 25% и моментальная въ 50%;
- 11) ровный ходъ;
- 12) единовременная затрата для турбогенераторной станціи въ 2000 киловаттъ составляетъ 20% отъ стоимости газомоторной станціи той же мощности;
- 13) турбогенераторы строятся для комбинированной работы и со свѣжимъ и съ отработаннымъ паромъ;
- 14) отсутствіе ременной передачи;
- 15) незначительная смазка. Масло, подаваемое центробѣжными насосами, предварительно охлаждается въ змѣевикѣ;
- 16) портативность двигателя, и
- 17) турбогенераторъ работаетъ сырымъ и перегрѣтымъ паромъ.

Недостатки турбогенератора въ сравненіи съ калорическими двигателями заключаются въ меньшемъ коэффиціентѣ полезнаго дѣйствія и необходимости постройки кочегарки съ паровыми котлами.

При сравнительной мягкости с.-двинской воды возможно установить высоко продуктивные водотрубные котлы Шухова или Бабкокъ-Валькокса. По своей надежности, продуктивности и портативности они не уступаютъ лучшимъ системамъ судовыхъ котловъ.

Нужно сказать, что сотрясеніемъ почвы отъ стука дизельскихъ моторовъ въ петербургской городской водопроводной станціи, по мнѣнію компетентныхъ лицъ, вызванъ обвалъ потолка въ Таврическомъ дворцѣ и появленіе трещинъ въ стѣнахъ морского кадетскаго корпуса.

Этотъ недостатокъ Дизеля имѣетъ существенное вліяніе на недолговѣчность станціи и окружающихъ построекъ.

* * *

Повторяю, что вопросъ выбора двигателя для силовой станціи и связанный съ нимъ вопросъ топлива крайне важенъ, и поэтому я такъ долго остановилъ на немъ свое вниманіе.

Если допустить, что суточный расходъ энергіи для трамвая и освѣщенія будетъ равенъ всего лишь 1000 лошадиныхъ силъ и беря двигатель Дизеля, какъ обладающій наибольшимъ коэффиціентомъ полезнаго дѣйствія, то, чтобы получить такую эффективную работу на его рабочемъ валу, нужно затратить топлива въ годъ, считая по 0,5 фунта нефти на силу-часъ: $1000 \times 0,5 \times 24 \times 360 / 40 = 108000$ пуд.

Если стоимость нефти въ Архангельскѣ 90 коп. пудъ, то получимъ $108\ 000 \times 90 = 97\ 200$ рублей въ годъ.

Почтенная цифра, почти сто тысячъ рублей въ годъ, потребная только на одно топливо, заставляетъ серьезно подумать объ изысканіи возможности эксплуатировать одну изъ естественныхъ силъ природы и временно оставить мысль о постройкѣ силовой станціи.

Водяная энергія. Г. Архангельскъ въ сравненіи со многими городами Россіи поставленъ въ благопріятныя условія для эксплуатаціи водяной энергіи.

Въ прошломъ году, зимой, мнѣ удалось ознакомиться съ гидротехническими сооруженіями озера Золотицкаго, расположеннаго верстахъ въ 10 къ юго-востоку отъ г. Архангельска, близъ селенія Ширшинскаго. Еще при Петрѣ Великомъ водяная энергія озера Золотицкаго утилизировалось для якорнаго или цѣпнаго завода. Но съ прекращеніемъ постройки деревянныхъ военныхъ судовъ и закрытія военного порта въ началѣ 60 годовъ прошлаго столѣтія, заводъ былъ закрытъ, а плотина и шлюзы остались.

Оз. Золотицкое питается рѣчкой Лѣсной, берущей начало въ озерѣ Холмовскомъ, а послѣднее питается рѣчкой Иласъ, вытекающей изъ озера Иласскаго. Всѣ три озера обширны по размѣрамъ и

многоводны. Оз. Холмовское въ мѣстѣ истока изъ него р. Лѣсной имѣетъ плотину. Оз. Золотицкое имѣетъ двѣ плотины: первую — немного сѣвернѣе построекъ питомника г. Розень, а другую — въ сѣверо-западномъ концѣ своемъ.

Изъ разпросовъ мѣстныхъ крестьянъ удалось установить, что расходъ воды весной и лѣтомъ такъ великъ, что часто приходится уменьшать его, регулируя шлюзы въ плотинѣ оз. Холмовского.

Плотина озера Золотицкаго близъ питомника Розена представляетъ собой грандіозное старинное сооруженіе, шириной вверху до 8 саж. и длиной до 150 саж. Она хорошо сохранилась и едва ли потребуеетъ ремонта. Шлюзы построены прочно, но нужны работы по расширенію, подъему затворовъ и замѣнѣ нѣкоторыхъ сгнившихъ балокъ и свай. Ширина рабочаго канала до 5 саж. и высота подпора озера до 4-хъ саж.

Если мы примемъ (въ виду неимѣнія точнаго замѣра) высоту паденія воды равной 6 метрамъ, скорость входящей струи воды въ каналъ = 1,5 метра, толщину струи равной 2 метр., то площадь живого сѣченія струи будетъ равна 20 кв. м. Слѣдовательно, количество воды, протекающей въ секунду черезъ живое сѣченія струи, будетъ равняться въ кубическихъ метрахъ: $Q = 20 \times 1,5 = 30$ или **30 000** киллограммъ.

Такимъ образомъ, струя воды, падающая съ высоты 6 метровъ, разовѣетъ количество лошадиныхъ силъ.

$$M = 30\,000 \times 6 / 75 = 2400 \text{ (HP).}$$

2400 лошадиныхъ силъ мы можемъ получить только въ одной точкѣ, а именно, у плотины близъ питомника Розена.

Но ниже этой плотины есть вторая плотина и, наконецъ, плотина оз. Холмовского. Если въ этихъ двухъ точкахъ мы получимъ энергію всего въ 600 лош. силъ, то общая сумма будетъ въ 3000 лош. силъ. Такого количества энергіи хватитъ не только для того, чтобы освѣтить Архангельскъ, оборудовать его трамваемъ, но и для того, чтобы продавать энергію окружающимъ заводамъ, утилизировать ее на электрическіе краны порта, элеваторы

проектируемаго холодильнаго склада и приведенія въ дѣйствіе машинъ послѣдняго.

На другой источникъ водяной энергіи мнѣ посовѣтовалъ обратить вниманіе городской голова Я. И. Лейцингеръ, при частномъ обсужденіи предлагаемаго мной проекта использованія силы озера Золотицкаго.

Это — рѣка Лая.

Питаясь многочисленными лѣсными ручьями и рѣчками, почвенными водами, образующими озера, рѣка Лая немного выше или ниже впаденія въ нее рѣки Большой Урзуги имѣетъ обрывистые берега изъ твердаго песчаника и падаетъ по порогамъ. Высота паденія ея въ этомъ мѣстѣ не менѣе 10 метровъ, а ширина отъ 40 до 60 метровъ. Это мѣсто отъ устья рѣки Лаи, т. е. отъ дока, отстоитъ по прямой линіи на 25—30 верстъ. Берега изъ твердаго песчаника благопріятствуютъ гидротехническимъ сооруженіямъ, а въ случаѣ постройки здѣсь станціи могутъ служить строительнымъ матеріаломъ для частей зданій.

Выше устья рѣки Большой Урзуги берега Лаи сложены изъ известняка и по близости найдутся песокъ и глина для выдѣлки кирпича на постройку зданій.

Такія благопріятныя условія только увеличиваютъ цѣнность рѣки Лаи, какъ источника энергіи.

Если мы примемъ глубину р. Лаи въ среднемъ равную въ мѣстѣ подпора ея плотиной 5 метрамъ, среднюю скорость теченія ея — 2 метрамъ въ секунду и, что струи теченія рѣки параллельны берегамъ, обладаютъ равной скоростью на различныхъ глубинахъ и разстояніяхъ отъ берега, а берега перпендикулярными поперечному живому сѣченію рѣки, — то мощность рѣки опредѣлится:

- а) высотой паденія или разностью уровня точки паденія и точки поступленія въ турбину;
- б) средней скоростью воды р. Лаи въ одну секунду, и
- с) площадью поперечнаго сѣченія рѣки.

Паденіе рѣки. Если A поперечное сѣченіе рѣки въ квадратныхъ метрахъ, V — средняя скорость рѣки въ метрахъ въ секунду, то находимъ расходъ воды въ кубическихъ метрахъ по формулѣ:
 $Q = A * V$ (1)

Если h обозначимъ паденіе рѣки въ метрахъ (т. е. разность уровней за плотиной и передъ ней), то мощность рѣки въ лошадиныхъ силахъ будетъ: $HP = 1000 \times Q \times h / 75$. (2)

При вышеозначенныхъ условныхъ данныхъ, расходъ воды въ килограммахъ выразится при $A = 50$ метр. и $V = 2$ метр.:
 $Q = 50 \times 2 = 100$ кубическихъ метровъ. Или мощность рѣки въ лошадиныхъ силахъ, по формулѣ 2-й, при $h = 5$ метр.:

$$HP = 1000 \times 100 \times 5 / 75 = 6660 \text{ лош. силъ.}$$

Легко возможно при тщательномъ нивелированіи рѣки окажется, что Лаю можно подпереть плотинами въ нѣсколькихъ мѣстахъ, и мы будемъ имѣть рядъ источниковъ энергіи равныхъ въ общей сложности нѣсколькимъ десяткамъ тысячъ лошадиныхъ силъ.

Этотъ схематическій подсчетъ двухъ указанныхъ мной источниковъ водяной энергіи даетъ въ результатѣ такое количество ея, что городъ можетъ рассчитывать не только на удовлетвореніе нуждъ трамвая и освѣщенія въ текущій моментъ, но имѣть громадный запасъ на случай роста потребленія энергіи городомъ и частными промышленными предпріятіями.

Конечно, на основаніи приводимыхъ данныхъ, нельзя строить точнаго расчета оборудованія трамвая и освѣщенія, ибо сами данныя нуждаются въ правильномъ обслѣдованіи и подсчетѣ.

Кромѣ общей нивелировки мѣстностей, связанныхъ съ озеромъ Золотицкимъ и рѣкой Лаей, необходимо выяснить минимальный расходъ воды ими зимой, максимальный — весной и средній — лѣтомъ. Крайне желательно также опредѣлить опытнымъ путемъ или разспросами о вліяніи осеннихъ и лѣтнихъ дождей на поднятіе уровня воды рѣкъ и озеръ, питающихъ оз. Золотицкое и р. Лаю. Мнѣ кажется, что кромѣ непосредственнаго изслѣдованія, хорошимъ матеріаломъ могутъ послужить годовыя среднія

величины осадковъ, зарегистрированныхъ метеорологической станціей въ Соломбалѣ.

Детальное знакомство съ бассейномъ р. Лаи можетъ выяснитъ и другой способъ эксплуатаціи ея энергіи посредствомъ отводныхъ каналовъ.

Нужно отмѣтить, что направленіе теченія рѣки Лаи почти параллельно направленію сѣверной желѣзной дороги. Я. И. Лейцингеръ предоставилъ въ мое распоряженіе профиль желѣзнодорожнаго пути отъ Вологды до станціи Архангельскъ-пристань. Такъ какъ р. Лая лежитъ всего на двадцать верстъ западнѣе жел.-дор. пути, то нивелировкой послѣдняго можно воспользоваться для опредѣленія паденія р. Лаи въ необходимыхъ намъ границахъ. Кромѣ того, источники р. Лаи лежатъ на линіи общаго водораздѣла цѣлой системы рѣкъ, впадающихъ въ данномъ районѣ въ С. Двину. Изъ профиля отъ станціи Тундра до станціи Архангельскъ-пристань идетъ непрерывный уклонъ мѣстности, достигающій почти сорока саж. Если взять точку на р. Лаѣ, лежащую на одной широтѣ со станціей Тундра, то паденіе рѣки до устья р. Большой Урзуги выразится цифрой почти въ 15 сажень. Такое паденіе крайне благопріятно для подпора рѣки на большую высоту и для полученія колоссальной энергіи.

Разстояніе же Лаи на 20 верстъ отъ желѣзной дороги значительно облегчитъ и упроститъ доставку необходимыхъ матеріаловъ и машинъ для устройства станціи и другихъ сооружений.

Рѣка Лая имѣетъ обширный бассейнъ, многоводна и съ этой стороны позволяетъ надѣяться на долговѣчность эксплуатаціи ея энергіи. При означенныхъ данныхъ, я смѣю думать, что использование водяной энергіи р. Лаи не представитъ большихъ техническихъ трудностей и не вызоветъ особенно большихъ денежныхъ затратъ для сооруженія гидроэлектрической станціи.

Я могъ бы указать на цѣлый рядъ мѣстъ въ Россіи и Западной Европѣ, гдѣ городскія самоуправленія и частные предприниматели съ большой выгодой использовали водяную энергію. Достаточно указать на Уралѣ, гдѣ сотни водяныхъ турбинъ поставляютъ

энергію для механическихъ и желѣзодѣлательныхъ заводовъ. Электрическое освѣщеніе г. Кисловодска и рядъ трамвайныхъ сообщеній къ нему изъ пригородовъ обязано гидротехническимъ сооруженіямъ. Горныя рѣки Швейцаріи, Саксоніи, Шварцвальда даютъ сотни тысячъ лошадиныхъ силъ электрической энергіи для транспортированія тяжестей, воздушныхъ дорогъ, освѣщенія и трамваевъ. При чемъ энергія передается на разстояніе свыше 300 верстъ. Классическій городъ трамваевъ— Женева эксплуатируетъ съ этой цѣлью р. Рону. Въ центрѣ города р. Рона преграждена плотиной; вода падаетъ на систему турбинъ, приводящихъ въ дѣйствіе систему генераторовъ. И р. Рона обслуживаетъ трамваемъ и освѣщеніемъ не только каждый уголокъ Женевы, но даетъ энергію на десятки верстъ трамвайнаго пути въ окрестныя деревни; а электрическимъ освѣщеніемъ, по самой минимальной цѣнѣ, пользуются десятки окружающихъ деревень.

Мѣста сооруженій гидроэлектрическихъ станцій могутъ быть указаны по окончаніи изысканій и нивелировки.

Въ какомъ же видѣ представляется картина эксплуатаціи водяной силы указанныхъ мѣстъ съ механической стороны?

Электрическая станція должна быть расположена близъ источниковъ водяной энергіи. Энергія воды съ помощью турбинъ преобразуется въ механическую энергію, а послѣдняя съ помощью генераторовъ многофазнаго тока преобразуется въ электрическую. Въ виду того, что станціи будутъ расположены отъ 18 до 40 вер. отъ города (смотря по тому, будетъ ли построена станція у оз. Золотицкаго или у р. Лаи) нужно поставить генераторы трехфазнаго тока съ напряженіемъ до 2000 вольтъ. Трехфазный токъ очень удобенъ, ибо моторы такого типа очень просты, прочны, дешевы и обладаютъ большою отдачей энергіи. Высокій вольтажъ необходимъ въ виду экономической стороны дѣла, такъ какъ сътъ проводовъ будетъ длинна, а чѣмъ выше напряженіе тока, тѣмъ меньше вѣсъ проводовъ и тѣмъ дешевле сооруженіе съти, ибо вѣсъ мѣди проводовъ обратно пропорціоналенъ квадрату напряженія тока.

Подойдя къ С. Двинѣ сътъ переходитъ въ бронированный кабель,

прокладываемый по дну рѣки. Выйдя на городской сторонѣ, онъ входитъ въ трансформаторную подстанцію, гдѣ преобразуется въ токъ желаемого напряженія для трамвая, въ токи низшихъ напряженій для обслуживанія промышленныхъ предпріятій, а съ помощью умформеровъ переходитъ въ постоянный токъ для цѣлей электрическаго освѣщенія.

Стоимость гидроэлектрической станціи, трамвайнаго сообщенія и освѣтительной сѣти можетъ быть подсчитана только послѣ выясненія деталей проекта, профилей и топографіи мѣстности отъ мѣста постройки станціи до города, профилей городскихъ улицъ, гдѣ предполагается провести трамвай, максимальнаго и минимальнаго расхода энергіи въ первый и слѣдующіе годы функціонированія гидроэлектрической станціи, размѣровъ ея, оборудованія, длины и сѣченія проводовъ, длины и профиля трамвайнаго пути и пр.

* * *

Въ настоящей статьѣ мы не можемъ, за отсутствіемъ точныхъ данныхъ, сдѣлать расчетъ себѣ стоимости единицы энергіи городу Архангельску и цѣны, по которой городъ можетъ отпускать ее потребителю, но возможно указать городскому самоуправленію тотъ путь, коего нужно держаться при разрѣшеніи этого сложнаго коммерческаго расчета.

Стоимость киловаттъ-часа на рабочемъ валу турбинъ вычисляется изъ:

- а) амортизаціи всего капитала, израсходованнаго на общее оборудованіе предпріятія,
- б) изъ погашенія процентовъ на затраченный капиталъ и
- с) эксплуатаціонныхъ расходовъ въ періодъ дѣйствія сооруженій;

эти расходы слагаются изъ суммъ по ремонту сѣтей проводовъ, машинъ, возобновленія приборовъ освѣщенія и трамвая, изъ жалованья служащихъ, администраціи, затратъ на чистку и смазку машинъ, плату за увѣчья рабочихъ, служащихъ и проч.

Размѣръ капитала, потребнаго на первоначальное общее оборудованіе всего предпріятія, складывается изъ затратъ на изысканія, т. е. опредѣленія мощности указанныхъ мѣстъ водяной энергіи, выбора мѣста для постройки гидроэлектрической станціи и нивелировки бассейновъ р. Лаи и оз. Золотицкаго, на аренду или отчужденіе земли подъ станцію и сѣть проводовъ, подъ службы при станціи, на устройство плотины со всѣми приспособленіями, стоимости турбинъ, генераторовъ, трансформаторовъ, умформеровъ, зданія для электрической станціи съ распредѣлительной доской и арматурой къ ней, сѣти проводовъ, столбовъ, доставки ихъ на мѣста, стоимости бронированнаго кабеля черезъ Двину, установки машинъ, устройства фундаментовъ, громоотводовъ, предохранительныхъ сѣтокъ, траверзъ, крючьевъ, изоляторовъ, количества мѣди на провода, стоимости трамвайнаго пути и его оборудованія.

Размѣры трамвайнаго оборудованія опредѣляются общей длиной пути и рельефомъ его (т. е. подъемами и уклонами), одно или двухколейностью пути, шириной пути, типомъ рельсъ, шпаль, числомъ вагоновъ, ихъ вѣсомъ, силой выгонныхъ моторовъ и проч.

Итакъ, обозначивъ черезъ В годовую сумму всѣхъ расходовъ, сложенныхъ изъ расходовъ по эксплуатаціи предпріятія, процентовъ на весь затраченный капиталъ и процентовъ на амортизацію капитала, а черезъ С общую годовую сумму килловаттъ-часовъ, полученныхъ на рабочемъ валу турбинъ, то стоимость единицы энергіи, т. е. килловаттъ-часа, будетъ равна:

$$W = B / C \quad (3)$$

Величина С, представляющая собой механическую силу турбинъ, выраженную въ электрическихъ единицахъ, есть произведеніе коэффиціента полезнаго дѣйствія турбинъ на гидравлическую энергію.

Если мы черезъ К обозначимъ коэффиціентъ полезнаго дѣйствія оборудованій на пути отъ рабочаго вала турбинъ до мѣста потребленія энергіи, то количество энергіи, расходуемое городомъ на трамвай, освѣщеніе или для иныхъ промышленныхъ цѣлей,

опредѣлится формулой:

$$Q = B \times K \text{ (4)}$$

И наконецъ, обозначивъ черезъ Z цѣну килловаттъ-часа, по которой продается потребителю энергія (при условіи работы станціи въ теченіе извѣстнаго времени сутокъ), то найдемъ связь между расходами B , стоимостью энергіи потребителю, количествомъ потребляемой энергіи и прибылью изъ соотношенія:

$$Q \times Z = B + \text{прибыль} \text{ (5)}$$

$$\text{Откуда } Z = (B + \text{прибыль}) / Q \text{ (6)}$$

Формула 6 опредѣляетъ цѣну единицы электрической энергіи, по которой городъ, какъ предприниматель, долженъ отпускать энергію потребителямъ.

* * *

Разсмотрѣвъ съ технической стороны устройство освѣщенія и трамвая, я попытаюсь остановить вниманіе городского самоуправленія на нѣкоторыхъ интересныхъ сторонахъ даннаго вопроса.

Допустимъ, что эксплуатація рѣки Лаи дастъ въ среднемъ энергію всего лишь въ 5000 лошадиныхъ силъ, то, беря коэффициентъ полезнаго дѣйствія гидравлическихъ турбинъ равнымъ 0,80, эффективная сила на рабочемъ валу турбинъ выразится:
 $C = 0,80 \times 5000 = 4000$ лошадиныхъ силъ.

Чтобы получить такую же силу на рабочемъ валу лучшаго изъ калорическихъ двигателей — Дизеля нужно затратить топлива, считая по 0,5 фунта на силу-часъ, $4000 \times 0,5 \times 24 / 40 = 1200$ пудовъ въ сутки или $1200 \times 360 = 432,000$ пудовъ нефти въ годъ.

Предположимъ, что городъ будетъ эксплуатировать р. Лаю только въ продолженіе 25 лѣтъ, а по истеченіи этого срока потребуются замѣнить турбины и двигатели, какъ достаточно износившіеся, новыми и усовершенствованными, то за таковой срокъ онъ будетъ имѣть сбереженій только на топливъ 10 620 000 рублей.

Такая сумма получается изъ слѣдующихъ расчетовъ: годовой расходъ топлива на двигатель Дизеля въ 4000 лош. силъ равенъ 432 000 пуд., а въ 25 лѣтъ $432\,000 \times 25 = 11\,800\,000$ пуд. Считая пудъ нефти въ 90 коп. франко-Архангельскъ, мы имѣемъ: $11\,800\,000 \times 90 = 10\,620\,000$ рублей.

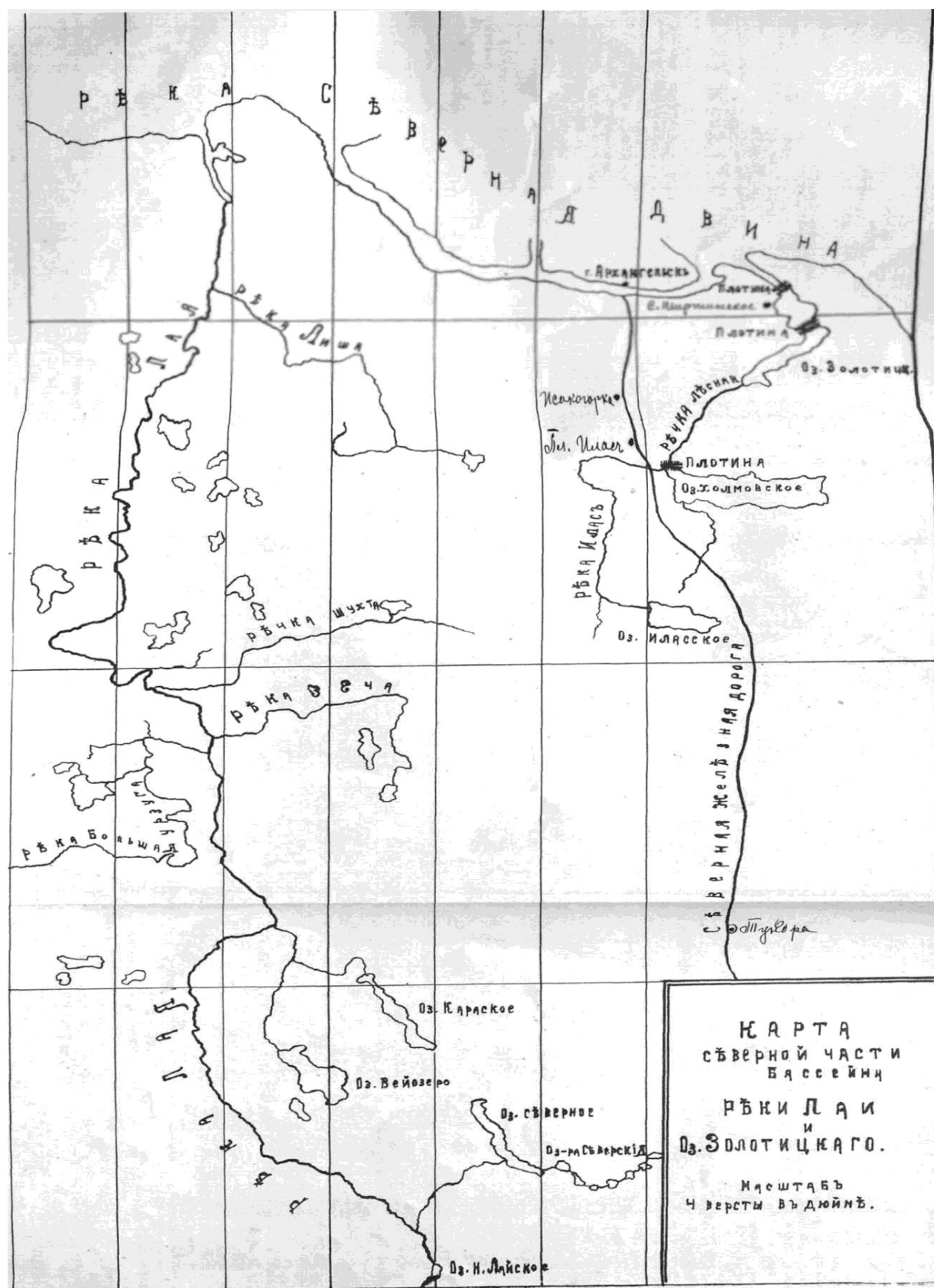
Цифра въ $10\frac{1}{2}$ милліоновъ рублей заставляетъ основательно подумать о дешевой энергіи р. Лаи. Тѣмъ болѣе, что первоначально энергія будетъ дешева, а потомъ, когда сумма стоимости топлива будетъ быстро погашать проценты на затраченный капиталъ вплоть до полной амортизаціи его, энергія станетъ почти даровой.

Мнѣ кажется, что городъ, имѣя въ своемъ распоряженіи дешевую энергію для нуждъ освѣщенія, можетъ сдѣлать его доступнымъ для самыхъ отдаленныхъ и бѣднѣйшихъ кварталовъ города.

Проведеніе трамвайныхъ путей съ правильной тягой вагоновъ возможно будетъ устроить не только по Троицкому проспекту, но и по тѣмъ улицамъ, гдѣ это не менѣе необходимо, если позволятъ почва и рельефъ ихъ. Этимъ самымъ будетъ достигнуто болѣе равномерное распредѣленіе цѣнъ на квартиры какъ въ центрѣ, такъ и на окраинахъ.

А. Ивановъ — Дешевая энергія для устройства трамвайнаго сообщенія и электрическаго освѣщенія въ г. Архангельскѣ.

Архангельскія городскія извѣстія №2. Февраль 1912. С. 23 - 34



Дешевая и удобная электрическая энергія можетъ служить импульсомъ для развитія мелкихъ ремесленныхъ и

промышленныхъ предприятий въ городѣ.

Необходимость оборудованія порта электрическими подъемными кранами, лебедками и снабженія энергіей машинъ и элеваторовъ проектируемаго холодильнаго склада сможетъ заинтересовать управленіе порта и привлечь его въ качествѣ паевого участника въ затратахъ на устройство гидроэлектрической станціи.

* * *

Высказанныя соображенія заставляютъ меня выразить пожеланіе, чтобы архангельское гор. управ., обсудивъ всѣ выгоды эксплуатаціи водяной энергіи, пришло къ выводу о необходимости принять слѣдующую программу работъ.

1. Сдѣлать нивелировку мѣстности, прилегающей къ озерамъ Золотицкому, Холмовскому и Иласскому въ цѣляхъ выясненія возможнаго maximum'a подпора ихъ плотинами.
2. Сдѣлать техническій осмотръ гидротехническихъ сооружений озеръ Золотицкаго и Холмовскаго.
3. Сдѣлать изслѣдованія системы рѣки Лаи отъ Устья рѣки Большой Урзуги до впаденія Лаи въ С. Двину.
4. Сдѣлать промѣры р. Лаи выше пороговъ съ цѣлью выясненія наименьшаго расхода воды, воспользовавшись для этого зимнимъ временемъ.
5. Произвести нивелировку бассейна рѣки Лаи для выясненія наибольшей высоты паденія ея и паденія питающихъ Лаю рѣчекъ.
6. Определить мѣста наивыгоднѣйшихъ расположеній гидроэлектрическихъ станцій близъ источниковъ водяной энергіи.
7. Определить мѣста трансформаторныхъ подстанцій.
8. Выяснить наивыгодное проведеніе сѣти проводовъ, связанной съ этимъ нивелировки мѣстности и возможныхъ лѣсорубочныхъ работъ и сооружений дорогъ.
9. Определить удобныя мѣста для подвода сѣти проводовъ къ р. С. Двинѣ и изслѣдовать рельефъ дна рѣки въ мѣстѣ прокладки бронированнаго кабеля.
10. Выяснить наиболѣе удаленныя мѣста потребленія

электрической энергіи.

11. Выяснить хотя приблизительно, съ помощью анкеты или подписки среди жителей и владѣльцевъ ближайшихъ лѣсныхъ заводовъ, возможное потребленіе ими электрической энергіи.
12. Опредѣлить годовое и помѣсячное количество строительныхъ и другихъ матеріаловъ, необходимыхъ для оборудованія предпріятія.
13. Выяснить длину трамвайнаго пути по городу и въ пригороды.
14. Привлечь къ составленію проекта работъ компетентныхъ лицъ или фирму, съ цѣлью опредѣленія количества матеріаловъ и затратъ на оборудованіе всего предпріятія.

* * *

Насколько извѣстно, городская управа отдала составленіе схематическаго проекта проведенія трамвая въ г. Архангельскѣ московскому инженеру г. Поливанову и потратило на это опредѣленную сумму. Безъ сомнѣнія г. Поливановъ разработаетъ проектъ устройства центральной станціи, подстанцій, пути, вагоновъ, сѣти проводовъ и прочее. Весь этотъ матеріаль будетъ необходимъ и въ томъ случаѣ, если городъ вмѣсто устройства силовой станціи остановится на мысли эксплуатировать водяную энергію. Придется лишь согласовать напряженіе тока гидроэлектрической станціи съ напряженіемъ тока для трамвая и освѣщенія по проекту г. Поливанова.

* * *

Своей бѣглой статьей объ эксплуатаціи оз. Золотицкаго или р. Лаи я не думалъ рѣшить вопросъ устройства трамвая и освѣщенія въ окончательной формѣ, а желалъ лишь обратить вниманіе городского самоуправления на путь изысканія дешевой энергіи, ибо, какъ я говорилъ въ началѣ, вопросъ энергіи въ данномъ случаѣ есть вопросъ большихъ денежныхъ затратъ на топливо.

Вполнѣ естественно, что по прочтеніи этой статьи возникаетъ вопросъ: во что обойдется эксплуатация водяной энергіи

указанныхъ источниковъ ея и не потребуеъ ли все сооруженіе слишкомъ большихъ средствъ со стороны города или фирмы?

На этотъ вопросъ я постараюсь отвѣтить въ слѣдующей статьѣ хотя бы приблизительными цифрами, за неимѣніемъ въ настоящій моментъ точныхъ данныхъ для окончательнаго подсчета стоимости всего предпріятія, и одновременно разсмотрѣть другой способъ полученія дешевой энергіи.

А. ИВАНОВЪ.

https://webirbis.aonb.ru/irbisdoc/kr/2013/agi/1912/1912_2.pdf