



ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ

Концепция автономного энергоснабжения городского района с системой распределенной электрогенерации на базе низкопотенциальных энергоустановок и малых гидротурбин*

Поливода Ф. А., доктор техн. наук

ОАО “ЭНИН им. Г. М. Кржижановского”, Москва

Щербаков В. П., аспирант, Морозова Ю. В.

ФГОУ ВПО “МГТУ им. А. Н. Косыгина”

Ямчук А. И., аспирантка

ФГОУ ВПО “Московский государственный университет инженерной экологии”

Сформулировано новое научное направление в области автономных систем энергоснабжения городов — создание концепции распределенной генерации на базе источников электроэнергии, работающих на низкопотенциальной теплоте для нужд электроснабжения районных тепловых станций, и малых гидротурбин на насосно-дрессельных подстанциях. Показано, что данное направление обеспечит повышение надежности энергоснабжения городов и автономизацию (за счет резервного источника) и позволит снизить тарифы на электроэнергию.

Ключевые слова: энергоснабжение, низкопотенциальная энергоустановка, насосно-дрессельная подстанция, пьезометрический график.

В связи с реформой электроэнергетики и формированием независимых друг от друга собственников как в системе генерации, так и в системе распределения и доставки электроэнергии к потребителю наметились две негативные тенденции: снижение надежности электроснабжения абонентов и качества предоставляемых услуг, системные аварии; непрерывное и бесконтрольное повышение тарифов. Причины данных проблем заключаются в нежелании новых собственников проводить полномасштабную реконструкцию объектов энергетики, построенных еще в 60–70-х годах прошлого века. При этом тарифы даже при декларированной норме 15% в год (что выше уровня инфляции) через m лет составят:

$$T_3(m) = T_3(1 + \Delta)^m, \quad (1)$$

где $\Delta = 0,23$ — фактический рост тарифов; T_3 — текущий тариф, руб/(кВт·ч).

Например, через 3 года стоимость 1 кВт·ч достигнет 7 руб. 40 коп. Уже сегодня она для российского потребителя в 1,5–2 раза выше, чем в Америке. Причем стоимость технического присоединения (т.е. оформления разрешительной документации, не считая стоимо-

сти самих монтажных работ и материалов) составляет 32–33 тыс. руб. за 1 кВт установленной мощности. Чтобы подключить электрический чайник мощностью 2 кВт, дачник, например, должен заплатить собственнику местной сети 64–66 тыс. руб., не считая стоимости строительства самой линии электропередачи и ее монтажа. Несмотря на всю абсурдность идеи, скоро наступит момент, когда эксплуатация бензогенераторов и дизель-электростанций будет выгоднее потребителю, чем присоединение к электросети. Так, стоимость бензогенераторов известных фирм (“Honda”, “Hammer”, “Huskvarna” и др.) мощностью 2 кВт не превышает 10–12 тыс. руб., т.е. материальная часть установки более чем в 6 раз дешевле “шелчка тумблером” собственника местной энергосистемы.

В данных условиях крайне проблематичным становится электроснабжение городских районных (РТС) и квартальных (КТС) тепловых станций, которые, как известно, электроэнергию сами не производят, а только потребляют (в основном на привод сетевых насосов, тягодутьевое оборудование водогрейных котлов, автоматику, освещение и другие нужды). Высокая цена на электроэнергию тяжким бременем ложится на плечи потре-

* В порядке обсуждения. *Ред.*

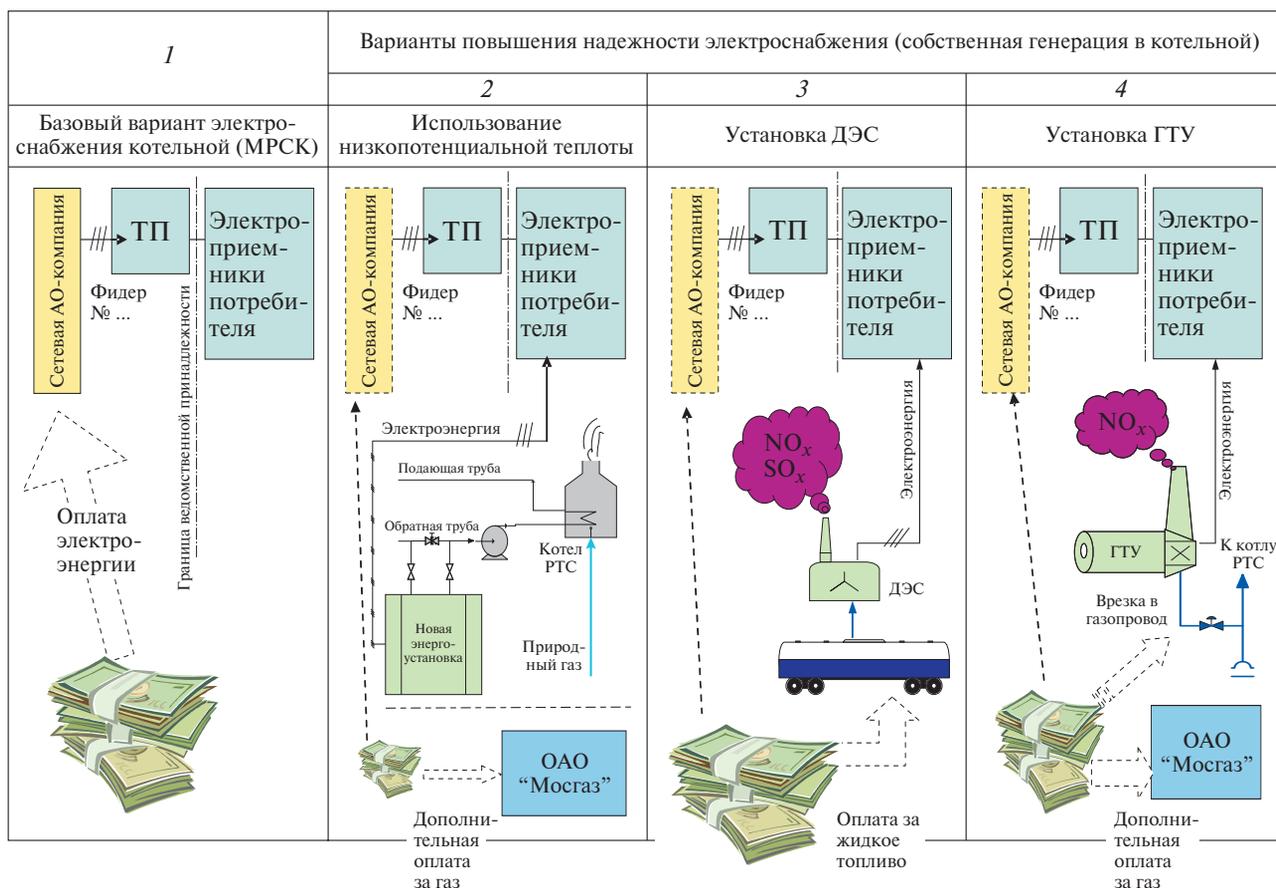


Рис. 1

бителей тепловой энергии. В структуре стоимости 1 Гкал тепловой энергии, произведенной на РТС, более 30 % составляет стоимость электроэнергии, что противоречит здравому смыслу и физическим законам генерации тепловой энергии.

Собственники котельных и РТС в настоящее время активно развивают строительство собственных источников электроэнергии, базирующихся в основном на технологиях газотурбинных установок (ГТУ) и дизельных электростанций (ДЭС). Тем самым будет достигнуто повышение надежности теплоснабжения потребителя в условиях длительного отопительного периода.

На рис. 1 показаны варианты электроснабжения городской котельной или РТС. За базовый вариант (1) принято электроснабжение из сети — от межрегиональных распределительных сетевых компаний (МРСК). Помимо базового возможны три дополнительных варианта с собственными источниками электроэнергии. Вариант 2 — новая низкопотенциальная энергоустановка (НЭС) [1]. Тепловая схема и основные принципы работы НЭС были подробно рассмотрены в [2]. За рубежом также развивается направление электрогенерирующих установок с органиче-

ским рабочим телом, позволяющим использовать эффект зимней атмосферы для сброса отработанной теплоты. Они получили название "ORG-Rankine-Cycle". Это турбинные технологии цикла Ренкина с органическими рабочими телами. Следует отметить, что старый вводный фидер, подключенный к трансформаторной подстанции (ТП), сохраняется при реконструкции котельной, так как это повышает надежность электроснабжения.

К недостаткам технологий с ДЭС и ГТУ (варианты 3 и 4) надо отнести высокие концентрации оксидов азота в дымовых газах. Причем для ДЭС характерно и наличие оксидов серы (при использовании жидкого топлива). Для ГТУ необходимы газопровод высокого или среднего давления, проект на газоснабжение, требующий длительного согласования с ОАО "Мосгаз".

Технология с НЭС не имеет указанных недостатков (нет узлов и агрегатов, связанных с процессами горения топлива, высокими температурами). Установка содержит только два-три теплообменника, питательный насос и герметичную паровую турбину с органическим рабочим телом. Наивысшая температура составляет 70 °С, что значительно упрощает теплоизоляцию агрегатов. Установка подклю-

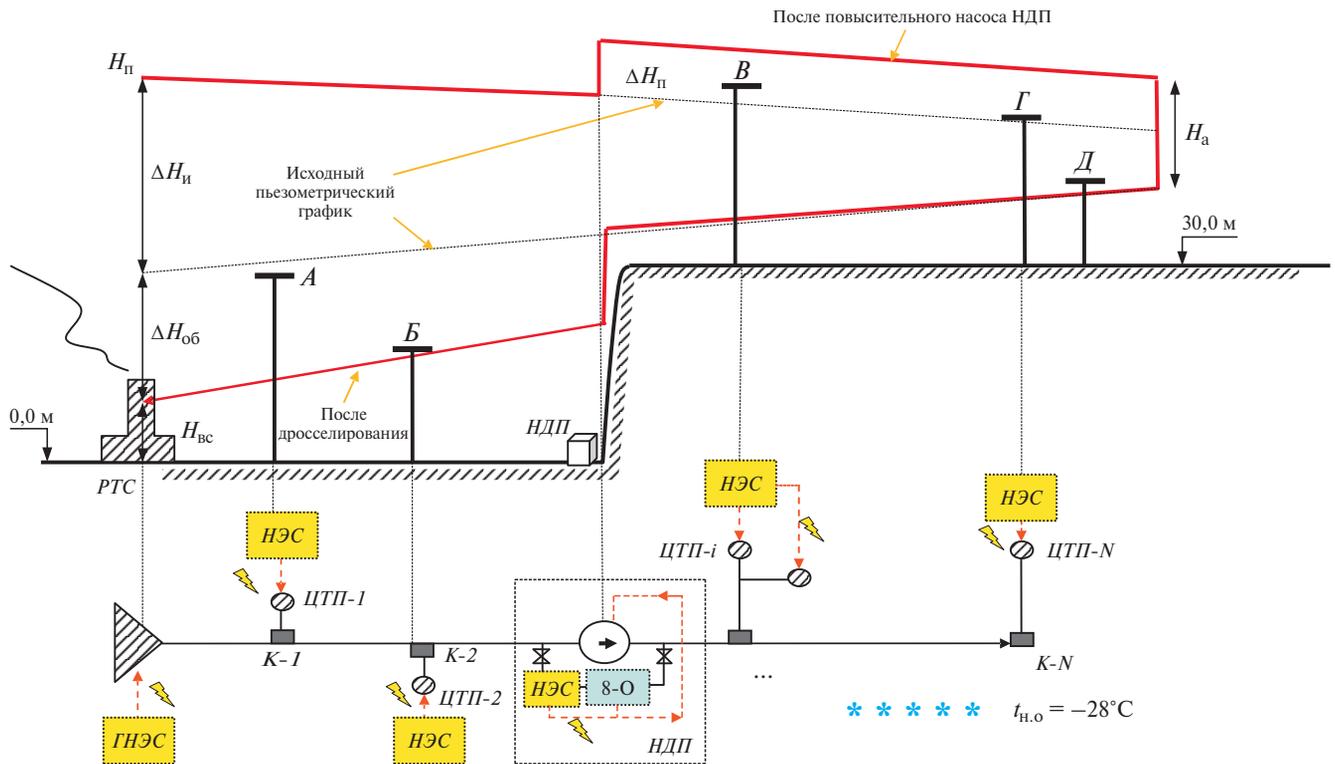


Рис. 2

чается через байпас обратной сетевой воды непосредственно на площадке РТС или в другом месте сети, где необходим источник электроэнергии. Предполагается создание установки в модульном (контейнерном) исполнении с целью уменьшения времени ее монтажа и ввода в эксплуатацию.

Длина разветвленной тепловой сети в Москве превышает 2300 км. Многочисленные насосно-дрессельные подстанции (НДП) также могут быть оборудованы установками типа НЭС. Образуется система районных источников распределенной электрогенерации. Кроме того, на некоторых подстанциях, работающих на пересеченном профиле местности (в Москве не менее 12 таких подстанций, а в Киеве — не менее 25), может быть расположена и гидротурбина на байпасе обратного трубопровода. В отличие от электрогенерирующей установки насосно-дрессельная подстанция не может выступать как отдельный самостоятельный элемент с точки зрения ее коммерциализации (находится в неразрывной связи с трубопроводной системой). В то же время после ее усовершенствования она превращается в источник генерации дохода (за счет монтажа на ней гидротурбины, снабженной электрогенератором).

На рис. 2 представлены однолинейная схема и пьезометрический график автономного теплоснабжения района города с распределенной системой электрогенерации на базе

НЭС и гидротурбин на насосно-дрессельных подстанциях. Районная тепловая станция расположена в низине и осуществляет теплоснабжение района, часть домов которого находится на возвышенности. Такое расположение с переломом геодезического профиля местности характерно для многих городов [3]. Исходный пьезометрический график, изображенный пунктиром, подобен равносторонней трапеции, что пригодно при плоской поверхности земли. Полный напор станции равен $H_{\text{п}}$. При значительном перепаде высот (более 30 м) относительно нулевой отметки РТС такой график недопустим, так как гидравлический напор недостаточен для высоких зданий типов В и Г (приемлем только для низких зданий типа Д).

Давление в обратном трубопроводе очень велико, оно значительно больше рекомендованной нормы для всасывающего патрубка насоса $H_{\text{вс}}$. Поэтому на трассе необходима НДП, расположенная в начале склона. При этом за счет повысительного насоса в подающем трубопроводе развивается дополнительный напор $\Delta H_{\text{п}}$, что обеспечивает заданный напор $H_{\text{а}}$ у всех абонентов. В обратном же трубопроводе за счет устройства дресселирующего клапана давление понижается на $\Delta H_{\text{об}}$. Результирующий пьезометрический график показан сплошной линией.

Известно, что при дресселировании теряется часть полезной работы, которую может

Параметр	Значения параметра	Примечание
Расход сетевой воды, кг/с	300 – 320*	В обратном трубопроводе
Дополнительный напор $\Delta H_{\text{п}}$, м	Свыше 30	В подающем трубопроводе
Давление в обратном трубопроводе, МПа: до подстанции после подстанции	0,5 – 0,7 0,2 – 0,3	– Дросселирование $\Delta p = 0,3 \div 0,4$ МПа
Мощность электродвигателя подкачивающего насоса, кВт	115	В подающем трубопроводе

* В номинальном режиме.

совершить рабочее тело (в данном случае — сетевая вода) [4]. Если вместо дроссельного клапана (либо вместо набора дроссельных шайб) применить управляемую гидротурбину, то можно использовать часть полезной работы для привода электрогенератора. Предварительные расчеты показали, что это может быть пропеллерная гидротурбина типа “Kaplan” из типоразмерного ряда ПЛ 40/800, расположенная в горизонтальной трубе диаметром $D = 0,54$ м, соединенной байпасом с отводом от обратного трубопровода теплосети. Основные характеристики (до модернизации) НДП приведены в таблице.

Проточная часть гидротурбины должна соответствовать требованиям ОСТ 108.023.107–85 и номенклатуре по ГОСТ 83 22-57 для малых ГЭС. Указанными техническими параметрами обладают гидротурбины фирмы “HYDRO-TU” (Китай) или аналогичные им. На гидротурбине устанавливают синхронизированный генератор мощностью 75 кВт, напряжением 380 В. Монтаж на НДП собственного электрогенерирующего оборудования, покрывающего более 50 – 70 % ее потребности, даст значительную экономию энергии на участке тепловой сети. Оставшаяся часть потребности в электроэнергии может быть покрыта за счет энергоустановки типа НЭС. Это качественно изменит характер всей теплоснабжающей системы: она станет полностью автономной.

Для предварительной оценки гидравлической мощности гидротурбины, кВт, можно воспользоваться известной формулой

$$N_{\text{г}} = \eta_{\text{oi}} G \Delta H_{\text{об}} / 102, \quad (2)$$

где η_{oi} — КПД проточной части турбины; G — расчетный расход воды, принимаемый равным 0,7 – 0,9 максимального; $\Delta H_{\text{об}}$ — падение напора в обратном трубопроводе, которое происходило ранее за счет дросселирования полного потока воды.

Важное значение имеет перспектива развития новой технологии и на центральных тепловых пунктах (ЦТП), расположенных на

ответвлениях от тепловых камер $K-1 - K-N$ (см. рис. 2). На них также можно устанавливать низкопотенциальные энергоустановки, которые обеспечат частичное покрытие электрической нагрузки и повысят надежность ЦТП. Оптимизация годового коэффициента замещения мощности может проводиться по хорошо известным методикам, например, для солнечных коллекторов, также характеризующихся сезонностью функционирования [5].

Выводы

1. Показано, что для устойчивого электроснабжения городских котельных, не зависящего от воли собственника источника электроэнергии, проблем, связанных с авариями на сетях, банкротством собственника либо отключением электроэнергии по иным соображениям, необходим автономный источник электроснабжения. Возможны варианты электроснабжения котельной от НЭС, ГТУ, ДЭС.

2. В результате реконструкции НДП может быть достигнута ее полная автономия. При этом используется тепловая и потенциальная энергия потока воды, безвозвратно терявшаяся в дроссельных устройствах.

Список литературы

1. Пат. 114726 РФ. Комбинированная низкопотенциальная энергоустановка / В. А. Васильев, Э. П. Волков, А. В. Мальцева и др. — Изобретения. Полезные модели, 2012, № 10.
2. Разработка автономных систем энергоснабжения городов / В. Г. Систер, Ф. А. Поливода, Е. М. Иванникова и др. — Промышленная энергетика, 2012, № 8.
3. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. — М.: МЭИ, 2000.
4. Новиков И. И., Воскресенский К. Д. Прикладная термодинамика и теплопередача. — М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Даффи Дж., Бекман У. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. — М.: Наука, 1986.