

Автономная энергоустановка с комплексным энергоэффективным электрообеспечением

Autonomous power installation with complex power effective electroproviding

Цейтин Дмитрий Николаевич

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
+7 (921) 909 51 71; *dm.inco@gmail.com*
Санкт-Петербург
Российская Федерация

Немова Дарья Викторовна

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
+7 (921) 890 02 67; *darya.nemova@gmail.com*
Санкт-Петербург
Российская Федерация

Курасова Елена Витальевна

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
+7 (921) 658 09 31; *jelenakurasova@inbox.lv*
Санкт-Петербург
Российская Федерация

Ключевые слова: автономная энергоустановка, альтернативный источник энергоснабжения, энергоэффективность, энергосбережение, показатели энергоэффективности, энергосбережение в зданиях, инвестиции, срок окупаемости.

Применение природного газа в целях обеспечения тепла и электричества активно применяется во многих населенных пунктах Российской Федерации и является наиболее выгодным ресурсом. Сети распространения природного газа не охватывают всего объема потребителей и вопрос присоединения к сетям становится все более острым ввиду постоянного прироста вновь образованных комплексов жилой застройки, удаленной от городов и мегаполисов, а следовательно и от сетевых коммуникаций.

Альтернативой подведения сетевого газа является устройство автономной (персональной) газификации, возобновляемыми сжиженным газом емкостями. Данный метод влечет за собой большие финансовые затраты, которые имеют большой срок окупаемости, занимают часть надземного и подземного пространства дорогостоящей земли, а также требует внимания в части технического обслуживания и что немаловажно периодическое пополнение резервуара сжиженным газом, что в порядке индивидуального использования, влечет повышенные расходы на транспортировку.

В данной работе рассматривается технология применения сжиженного газа для централизованного обеспечения энергоресурсами комплекса застройки, удаленного от сетевых энергоресурсов, разрабатывается усовершенствованная схема установки, предлагается экономико-математическая модель первого приближения концепции устройства поселка, позволяющая определить стоимость получаемой энергии и сроки окупаемости оборудования.

Key words: autonomous power installation, alternative source of power supply, energy efficiency, energy saving, efficiency indices, building energy saving, investment, payback period.

Application of natural gas for ensuring heat and electricity is actively applied in many settlements of the Russian Federation and is the most favorable resource. Networks of distribution of natural gas don't cover all volume of consumers and the question of accession to networks to become more and more sharp in view of a constant gain of again formed complexes of the housing estate remote from the cities and megalopolises, and consequently and from network communications.

Alternative of leading of network gas is the device of the autonomous (personal) gasification, capacities resumed by liquefied gas. This method involves big financial expenses which have a big payback period, occupy part of elevated and underground space of the expensive earth, and also demands attention regarding maintenance and that periodic replenishment of the tank by the liquefied gas, as private use is important, attracts the raised expenses on transportation.

The technology of application of the liquefied gas for the centralized providing with energy resources of a complex of building remote from network energy resources is considered in this work, the economic-mathematical

model of the first approach of the concept of the device of the settlement, allowing to determine the cost of received energy and equipment payback periods is offered.

1. Актуальность работы

В настоящее время термин энергоэффективности трактуется как рациональное использование энергоресурсов, однако смысл и значимость этого определения вышла за рамки рекомендательных мер и стала являться требованием. Подтверждением тому является введение в действие Федерального закона Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1] международный стандарт в области энергоменеджмента ISO 50001, а также разрабатываемый проект стандарта ГОСТ Р 50001 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению». Таким образом, в России, как и в других развитых странах, энергосбережение является одной из стратегических задач, без решения которой в недалеком будущем можно столкнуться с трудностями, а возможно и с проблемами [2-5].

Таким образом, в строительной индустрии России необходимо задать приоритетным направлением эффективное использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и произведенной энергии, изменив классическому устою наращивания объемов их добычи и производства, которое обходится значительно дороже, нежели внедрение мероприятий по ее сбережению [6-7]. Важной причиной расточительства ТЭР является неэффективное, а иногда даже нерациональное потребление энергии в сфере ЖКХ, в строительной сфере и в сфере промышленности [8-9].

В Российской Федерации одним из наиболее востребованным видом природных ресурсов является природный газ. Природный газ применяется в качестве горючего, имея преимущества перед твердым и жидким топливом, при этом теплота его сгорания выше и он не оставляет отходов (золы). Природный газ широко применяется на тепловых электростанциях, в котельных установках и промышленных печах, а также имеет широкое применение в автомобильной технике. Однако при всех очевидных преимуществах газа и газификации в целом существует ряд недостатков, одним из которых является подведение коммуникаций до конечного потребителя. Это достаточно трудоемкий процесс, который требует больших финансовых вложений.

Применение природного газа в целях обеспечения тепла и электричества активно применяется во многих населенных пунктах страны и является наиболее выгодным ресурсом. К сожалению сети распространения природного газа не охватывают всего объема потребителей и вопрос присоединения к сетям становится все более остро ввиду постоянного прироста вновь образованных комплексов жилой застройки, удаленной от городов и мегаполисов, а следовательно и от сетевых коммуникаций [10-13].

В настоящее время в крупных городах, городах федерального значения – Санкт-Петербурге и Москве практически полностью исчерпаны территориально-земельные ресурсы, а стоимость оставшихся пятен возможной застройки запредельна, а в некоторых районах отсутствуют вовсе [14]. В этой связи очень активно развивается освоение области города, в которой преимущественно применяется малоэтажная застройка – создаются новые поселения и жилые массивы. В среднем вновь возводимые жилые комплексы рассчитаны на 50-100 домовладений площадью около 250 кв.м., но также встречаются и комплексы состоящие из 800-900 домовладений удельной площадью около 100 кв.м. Причем нельзя забывать о необходимости возведения объектов инфраструктуры, без которых невозможна жизнедеятельность комплекса. Также необходимо учитывать потребность в газификации существующих поселений, неравномерно удаленных от более крупных населенных пунктов и коммуникаций, к которым отсутствует техническая возможность подключения к сетям распределения энергетических ресурсов, либо стоимость подключения несоизмеримо высока. В соответствии с данными о переписи населения 2010 года на территории Российской Федерации расположено 19126 сельских поселений, в числе которых 2771 поселение с численностью проживающих менее 500 человек и 5568 поселений с численностью от 500 до 1000 человек. По данным, представленным на сайте ведущего газового магната [2]- «ОАО «Газпром» является единственным в России производителем и экспортером сжиженного природного газа и обеспечивает около 5% мирового производства СПГ.», также на данном ресурсе приведена следующая информация, которая в рассматриваемом случае может стать наглядным примером: «Соглашение о сотрудничестве между ОАО «Газпром» и Администрацией Ненецкого автономного округа подписано в 2006 году. Соглашение о газификации – в 2010 году.», в марте 2013 года «Стороны обсудили вопрос развития газификации региона. Разработан проект Генеральной схемы газоснабжения и газификации НАО. В настоящее время он проходит процедуру согласования. В текущем году компания планирует направить на газификацию округа 100 млн. руб.». Таким образом, следует сделать вывод о том, что

процесс подведения сетевого природного газа процесс длительный (при комплексном освоении может составлять несколько лет), но и дорогостоящий [15-18].

Существующей альтернативой является устройство автономной (персональной) газификации, возобновляемыми сжиженным газом емкостями. Данный метод влечет за собой большие финансовые затраты, которые имеют большой срок окупаемости, занимают часть надземного и подземного пространства дорогостоящей земли, а также требует внимания в части технического обслуживания и что немаловажно периодическое пополнение резервуара сжиженным газом, в порядке частного использования, влечет повышенные расходы на транспортировку [19-21].

В данной работе будет рассмотрена технология применения сжиженного газа для централизованного обеспечения энергоресурсами комплекса застройки, удаленного от сетевых энергоресурсов. Кроме того, будет рассчитана стоимость получаемой энергии и определен срок окупаемости оборудования.

2. Краткий обзор и постановка задачи исследования

Значительный вклад в решение теории и практики автономных энергоустановок внесли следующие ученые: Николаев Валентин Георгиевич, Онищенко Сергей Владимирович, Сотникова Ксения Николаевна, Исанова Анна Владимировна, Викулин Денис Юрьевич, Иванов Антон Александрович и др. [22-26].

Николаев В.Г. в своей работе использовал комплекс методов, включающий экспериментальные исследования, компьютерное моделирование, математическое моделирование с элементами математической статистики, функционально-стоимостной анализ. Провел функционально-стоимостной анализ экспериментального «солнечного» здания с автономной системой энергоснабжения (АСЭ). Для минимизации затрат энергии при работе насосных установок Николаев В.Г. решил целый ряд оптимизационных задач с разработкой принципиально новых методов определения оптимальных параметров насосного оборудования и способов управления им. Получено подтверждение целесообразности управления системами водоснабжения и оптимизации их работы на более сложном примере [22].

Онищенко С. В. привел статистику стран лидирующих энергопотребителей. Он проводил комплексные исследования эффективных архитектурно-планировочных и конструктивных решений энергоэффективных жилых зданий на примере дома усадебного типа с автономной системой энергоснабжения (АСЭ) на основе солнечной энергии в климатических условиях юга России. В его работе учитываются особенности индивидуального применения АСЭ и сравниваются с применением в комплексной застройке поселка, состоящего из аналогичных домов усадебного типа. Он исследовал методы и способы объемно-планировочных и конструктивных решений, обеспечивающие повышение тепловой эффективности здания; разработка экспериментального здания с активной солнечной системой на основе фотоэлектрических солнечных модулей [23].

Исанова А. В. исследовала повышение эффективности и выбор рациональных параметров и режимов работы теплонасосных станций для систем отопления и горячего водоснабжения. Она разработала математическую модель теплонасосной станции для системы отопления и горячего водоснабжения. Модель включает в себя уравнения, описывающие влияние КПД и температур конденсации рабочего тела тепловых насосов, температуры низкопотенциального источника теплоты, температуры теплоносителя в системе отопления и горячего водоснабжения на работу тепловой станции. На основе математической модели с использованием метода последовательных приближений в форме регулярной и сингулярной теории возмущений получила аналитические зависимости температур конденсации рабочих тел тепловых насосов, минимизирующие расход топлива, от тепловых и механических параметров тепловых насосов и внешних источников энергии. Выявила влияние КПД тепловых насосов на минимальный расход топлива и рациональную схему их соединения. Разработала методику определения параметров и режимов работы теплонасосной станции. Методика основывается на математической модели и аналитических зависимостях [24].

Викулин Д. Ю. исследовал автоматизацию проектирования систем мониторинга энергоэффективности зданий, сооружений при их переустройстве в САПР объектов строительства. Он разработал комплексный мониторинг зданий, сооружений для поддержания заданного или повышения уровня энергоэффективности и версию энергетического паспорта для персонального компьютера [25].

Иванов А.А. занимался моделированием и обоснование систем газоснабжения поселков, разработал научные основы расчета и проектирования распределительных систем газоснабжения сельских поселков. Он провел экспериментальное исследование и математическое моделирование тепловой эффективности бытовых газоиспользующих приборов, разработал математическую модель

обоснования одно- и двухступенчатых поселковых систем газоснабжения, разработал методику выбора и обоснования оптимальных параметров и схемных решений поселковых систем газоснабжения, разработал экономико-математическую модель обоснования рациональной области применения одно- и двухступенчатых систем газоснабжения при газификации сельских населенных пунктов [26].

Таким образом, не смотря на большой объем научных исследований, посвященных данной теме, до настоящего времени не предложено применение систем теплоснабжения при одновременном внедрении комплекса систем мониторинга и управления инженерными системами для поселков коттеджного типа. По результатам краткого обзора была выявлена необходимость систематизации и актуализации всех проведенных исследований и была сформулирована цель исследования: Создание автономной энергоустановки комплексного энергетического снабжением коттеджного поселка, обеспечивающей максимально эффективное энергопотребление [27]. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

Определить экономическую целесообразность использования энергоустановки использующей сжиженный углеводородный газ в качестве исходного энергоресурса, в рассматриваемом масштабе

Определение оптимальное конструкционно-планировочное решение, обеспечивающее максимальный КПД при распределении энергоресурсов по внутренним сетям поселения

Обеспечить энергосбережения и экономию энергетических ресурсов, путем научно-обоснованной оптимальной работы регуляторов температуры.

3. Разработка автономной энергоустановки с комплексным энергоэффективным электрообеспечением

В настоящее время существуют большое разнообразие схем газоснабжения:

1. **От магистральной сети.** Данный метод не обязывает конечного потребителя проводить ёмкие инженерные работы по подбору оборудования, однако подведение магистрального газа к конечному потребителю имеет следующие этапы:

- 1.1. Получение Технического условия (снятие технического ограничения)
- 1.2. Заказ проекта газопровода (при наличии технической возможности и технического условия)
- 1.3. Согласование проекта с государственными инстанциями и владельцами газопровода
- 1.4. Прокладка газопровода, с привлечением компетентного органа, осуществляющего технический надзор
- 1.5. Сдача объекта государственной комиссии, со всеми соответствующими бюрократическими проволочками
- 1.6. Заключение договора на техническое обслуживание
- 1.7. Осуществление пуско-наладочных работ
- 1.8. Заключение договора на поставку газа
- 1.9. В случае, если площадь отапливаемого помещения более 300 кв.м. необходимо приложить расчёт о потребности газа.

Таким образом, метод не является технически сложным и не требует приобретения дорогостоящего оборудования, однако требует большого количества организационных работ, за счёт чего в Российских условиях может иметь огромный срок реализации, а также не приемлем в поселениях, которые удалены от магистрали, либо в случае, когда подключение к магистрали требуется согласовывать с несколькими районами муниципальной власти, то процесс может затянуться на десятилетия [28-33].

2. Альтернативой подведения сетевого газа является **устройство автономной (персональной) газификации, возобновляемыми сжиженным газом емкостями.** Данный метод влечет за собой большие финансовые затраты, которые имеют большой срок окупаемости, занимают часть надземного и подземного пространства дорогостоящей земли, а также требует внимания в части технического обслуживания и что немаловажно периодическое пополнение резервуара сжиженным газом, что в порядке индивидуального использования, влечет повышенные расходы на транспортировку [34-37].

3. Автономное газоснабжение коттеджного поселка в комплектации с резервуарной установкой. Объединяет в себе оба указанных варианта – является сетевым распределением сжиженных углеводородных газов (СУГ). К преимуществам можно отнести простоту и период организации, однако имеет также следующие недостатки: несопоставимо высокая стоимость по сравнению с природным газом, необходимо дорогостоящее оборудование для переработки газа (котел, плита), необходим квалифицированный технический контроль [38]. Автономная газификация коттеджных поселков очень

медленна и трудна, потому что требуется согласование многих бумаг, в том числе, должны участвовать и местные власти, кроме того требует с потребителей большого участия - Перечень данных и документации для проектирования и автономной газификации коттеджного посёлка:

- 3.1 С каждого владельца дома, в поселке, требуется документ, подтверждающий право владения на собственности участка, либо договор аренды (если человек снимает дом);
- 3.2. Выкопировка с четким обозначением границ каждого участка, с отметкой геодезистов (на определенной территории, индивидуальный ландшафт).
- 3.3. В обязательном порядке, зарегистрированная топографическая съёмка в масштабе 1:500 или 1:200;
- 3.4. Документ, подтверждающий геологическое исследование грунтов участка;
- 3.5. От местной администрации, разрешение на строительство;
- 3.6. Четкие задания на проектирование автономной газификации;
- 3.7. Технические условия, на обслуживание и поставку газа (у организации должна быть лицензия на такие виды работы);
- 3.8. План задания, на котором указано точное место расположения газопровода;
- 3.9. Паспорта, сертификаты.

Аналогом являются блочные теплоэлектростанции, работающие на природном газе.

На основе изучения существующих методик и систем централизованного газоснабжения поселка, в которых происходит подведение природного либо сжиженного углеводородного газа к домовладению, определение характеристик оборудования, составление номенклатуры оборудования, для определения требуемого объема финансирования, определения технологических особенностей и заключения о недостатках данных методик предлагается следующая схема:

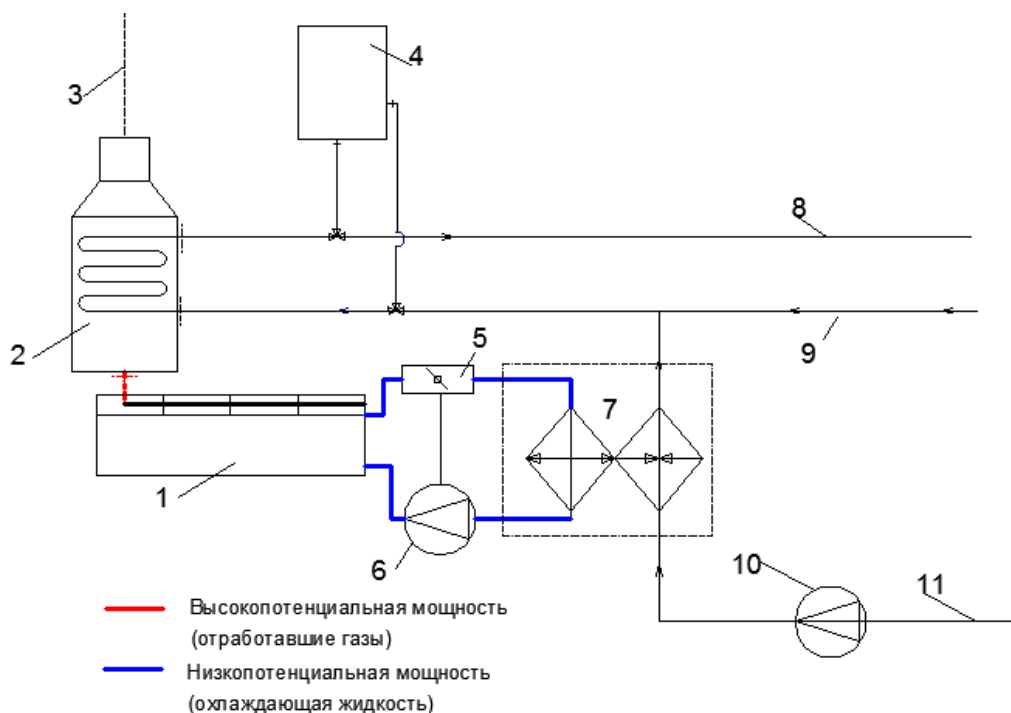


Рис. 1. Типовая схема утилизации теплоты

1 - дизель-генератор; 2 – котёл-утилизатор; 3 – выхлопной трубопровод; 4 – бак аккумулятор отопительной воды; 5 – термостат; 6 – центробежный насос; 7 – экономайзер; 8 – труба подачи воды в теплоноситель; 9 – труба возврата; 10 – насос; 11 – труба для подачи забортной воды.

Рассматриваемая схема требует выполнения комплекса организационно-технических и экономико-математических мероприятий. А именно, в первую очередь необходимо построить экономико-математическую модель первого приближения концепции устройства поселка – составить укрупненную структуру объекта, для которого необходимо определить характеристики и установить потребление электричества и тепла в различное время суток, и в различное время года, рассчитать удельные показатели, с целью дальнейшего применения и определения оптимальных видов поселков на основе единого, интегрального критерия оценки эффективности использования данной технологии.

4. Модель исследования

Предлагается рассмотреть вариант централизованного тепло и электроснабжения коттеджного поселка, путем использования сжиженного углеводородного газа (СУГ) как исходного источника энергии из которого генерируется электроэнергия, а возникающая при этом тепловая используется для отопления.

В первую очередь из сжиженного углеводородного газа (СУГ) необходимо получить электрическую энергию, в объеме обеспечивающем потребление рассматриваемого коттеджного поселка на 800 домовладений * 3,5 кВт потребляющих усреднено, используя при этом выделяемую тепловую энергию с целью её дальнейшего использования для отопления. Таким образом, решается задача повышения энергетической эффективности и сходит на нет негативное влияние генераторной установки на окружающую среду. Существует два метода оценки эффективности систем, аналогичных предлагаемой:

1. Экзотермический анализ или анализ работоспособности рабочего тела (направлен на определение экономической эффективности)
2. Метод коэффициента использования теплоты (КИТ) – наиболее удобный для комплексной оценки.

Внешний тепловой баланс теплосиловой установки (ТСУ), как известно, имеет вид:

$$\dot{Q} = P + \dot{Q}_{ex},$$

где в левой части написанного тождества стоит тепловая мощность, вводимая в ТСУ при сгорании топлива, P – т.н. мощность на валу двигателя (турбины, поршневого двигателя и т.п.). Второе слагаемое в правой части – тепловая мощность, теряемая, согласно второму началу термодинамики, в «холодном источнике». Сюда же входит тепловая мощность, потерянная, например, в системе охлаждения. Правильная дробь

$$\eta := \frac{P}{\dot{Q}}$$

представляет КПД (коэффициент полезного действия) ТСУ. Для современных термических машин значение η близко к КПД цикла Карно. Величина же \dot{Q}_{ex} колеблется в пределах 50% (ДВС)...70% (авиационные газовые турбины).

В связи со сказанным возникает важная инженерная задача утилизации «вторичной» тепловой мощности \dot{Q}_{ex} . Проблемность задачи в том, что компоненты \dot{Q}_{ex} (например, мощность потока выхлопных газов и потока охлаждающей среды) имеют разный термический потенциал (или работоспособность - эксергию) и, как следствие, с различной эффективностью реализуются.

Так, например, температура потока выхлопных газов составляет от 400...450°C (ДВС) и 600...700°C (газовые турбины). Такой высокоэнтальпийный поток легко утилизируется, например, в парогенераторе. Температура же потока охлаждающей жидкости редко превышает 100...120°C, что создает проблемы с теплообменниками-рекуператорами (получаются большие габариты и низкие температурные напоры) [39]. Кроме прочего, использование теплоты охлаждающей жидкости в теплообменниках приводит к появлению в напорной системе охлаждения узлов деления и соединения потоков, т.е. к дополнительным потерям напора [40].

Мера использования теплоты в ТСУ оценивается коэффициентом использования теплоты

$$KQ := \frac{P + \alpha \dot{Q}_{ex}}{\dot{Q}},$$

где $\alpha \leq 1$ – коэффициент полноты утилизации. Пусть $\alpha=0$ (теплота не утилизируется). Тогда $KQ=\eta$. Если утилизируется вся вторичная теплота, т.е. $\alpha=1$, то $KQ=1$. Очевидно:

$$KQ = \eta + \alpha (1 - \eta).$$

В современных ТСУ коэффициент использования теплоты достигает 95% (Engineering Control, USA).
Дробь

$$\eta_0 = 1 - \frac{\eta}{KQ} = \frac{\alpha 1 - \eta}{\eta + \alpha 1 - \eta}$$

представляет меру утилизации теплоты. Если $\alpha=0$, то мера утилизации теплоты равна 0. Если же утилизируется вся теплота, $\eta_0=1-\eta$.

Важнейшая технико-экономическая задача состоит в определении оптимального значения меры утилизации теплоты, доставляющей максимум коэффициента использования теплоты KQ с ограничением на время окупаемости капитальных вложений на установку, имеющей заданный КПД η .

В основе модели лежит газотурбинная установка (ГТУ) которая вырабатывает электрическую энергию, потребляя экологически чистый и наиболее экономический природный газ. В тоже время ГТУ вырабатывает сравнимую по объему часть тепловой энергии, рациональное использование которой способно в значительной мере снизить потери (50-70%), тем самым повысив эффективность ГТУ более чем в два раза.

$$Q_t = Q_{ex} + Q_{выб},$$

Где $Q_{выб}$ - потери тепла, $Q_{выб} = 0,7 Q$, что составляет около 50-70%

$$\eta = \frac{A}{Q_t} \approx 0,3 (\max)$$

Используемая теплота позволяет получить следующее:

$$Q_{um} = A + (Q_t - A) \times (0,5 \dots 0,7) = 0,3Q_t + 0,7Q_t \cdot 0,6 = 0,72Q_t$$

$$КИТ = \frac{Q_{um}}{Q_t} = 0,72$$

Для выработки 1 кВт/час электричества ГТУ расходует около 15 кг воздуха. На выходе отработанный воздух имеет температуру около 500 градусов. Используя воду можно получить тепловую энергию, которая в дальнейшем может быть направлена на отопление либо может быть использоваться в промышленных целях.

Новизна заключается в использовании конвертированной авиационной турбины. Данная турбина невиброактивна, что даёт ей ряд преимуществ при определении места её расположения. Кроме того, для данной турбины возможно использовать легкий фундамент, что также добавляет ряд преимуществ – требует значительно меньших финансовых затрат для интеграции и способно расширить (открывает возможность) географический диапазон размещения.

К техническим особенностям необходимо отнести способность турбины мгновенно и значительно повышать нагрузку. При работе в стандартном режиме нагрузка около 30%.

Кроме того, для обслуживания данной турбине не требуется повышенное внимание в части технического и инженерного обслуживания.

5. Выводы

Определена экономическая целесообразность использования энергоустановки использующей сжиженный угле-водородный газ в качестве исходного энергоресурса, в рассматриваемом масштабе

Предлагаемая в настоящей статье схема предлагает оптимальное конструктивно-планировочное решение, обеспечивающее максимальный КПД при распределении энергоресурсов по внутренним сетям поселения

Разработана экономико-математическая модель первого приближения, позволяющая определить оптимальное значения меры утилизации теплоты, доставляющей максимум коэффициента использования теплоты KQ с ограничением на время окупаемости капитальных вложений на установку, имеющей заданный коэффициент полезного действия η

Литература

1. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
2. Сокольский В. А. Принципы Экономичности и их выражение в современном строительстве. С.-Петербург. 1910. 538 С.
3. Богуславский Л. Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления и вентиляции. Москва, Стройиздат. 1985. 336 С.
4. Гагарин В. Г., Козлов В. В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // Жилищное строительство. 2011. № 8. С. 2-6.
5. Гагарин В. Г., Козлов В. В. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки здания // АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2010. № 4. С. 52-61.
6. Горшков А. С., Гладких А. А. Мероприятия по повышению энергоэффективности в строительстве // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 246-250.
7. Горшков А. С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 1. С. 9-13.
8. Гошка Л. Л. К вопросу об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности в зданиях // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5. С. 38-42.
9. Гошка Л. Л. Системный подход к энергосбережению в инженерных сетях зданий // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 1. С. 66-71.
10. Табунщиков Ю. А. Лицом к проблеме энергосбережения // Архитектура и строительство Москвы. 2010. Т. 554. № 6. С. 2-13.
11. Дацюк Т. А. Инженерные аспекты энергосбережения зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 326-328.
12. Савин В. К. Новые подходы к оценке энергосбережения и энергетической эффективности в строительной отрасли // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 241-245.
13. Савин В. К. Упрощенная модель минимизации расхода суммарной энергии, идущей на строительство и эксплуатацию зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 1. С. 80-84.
14. Езерский В. А., Монастырев П. В., Клычников Р. Ю. Методика определения предельного срока службы здания, обеспечивающего безубыточность его термомодернизации // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 357-362.
15. Тепловая эффективность эксплуатируемых жилых зданий / Береговой А. М., Береговой В. А., Мальцев А. В., Петрянина М. А. // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 1. С. 107-111.
16. Бутовский И. Н. Особенности теплотехнического расчета теплозащиты и энергопотребления современных жилых и общественных зданий при оценке их энергоэффективности // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 356-361.
17. Петрухин А. Б., Опарина Л. А. Формирование интегрального показателя энергетической эффективности зданий // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2011. № 03. С. 92-95.
18. Ерофеев П. Ю. Особенности и основные направления ресурсосбережения в концепции устойчивого развития экономики. // Экономическое возрождение России. 2006. № 3. С. 31-32.
19. Федяева П. В., Шеина С. Г. Комплексная оценка энергосберегающих мероприятий при эксплуатации объектов недвижимости // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 165-166.
20. Аверьянова О. В. Экономическая эффективность энергосберегающих мероприятий // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 5. С. 53-59.
21. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. Дмитриев А.Н., Табунщиков Ю.А., Ковалев И.Н., Шилкин Н.В. Москва, АВОК-ПРЕСС. 2005. 122 с.
22. Николаев В.Г. Энергосберегающие методы управления режимами работы насосных установок систем водоснабжения и водоотведения // диссер. д.т.н., Москва, 2010, 375 С.
23. Онищенко С.В. Автономные энергоэффективные жилые здания усадебного типа // диссер. к.т.н., Краснодар, 2009, 222 с.

24. Исанова А.В. Повышение эффективности и выбор рациональных параметров и режимов работы теплонасосных станций для систем отопления и горячего водоснабжения // диссер. к.т.н., Воронеж, 2011, 141 с.
25. Викулин Д.Ю. Проектирование систем мониторинга энергоэффективности зданий, сооружений в САПР объектов строительства // диссер. к.т.н., Москва, 2010, 166 с.
26. Иванов А.А. Моделирование и обоснование систем газоснабжения поселков // диссер. к.т.н., Саратов, 2011, 157 с.
27. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании / Ватин Н. И., Немова Д. В., Рымкевич П. П., Горшков А. С. // Инженерно-строительный журнал. 2012. №8(34). С. 4-14.
28. Ehringer H., Hoyaux G., Zegers P. Energy Conservation in Buildings Heating, Ventilation and Insulation // Springer. 1983. 512 p.
29. Eastop D., Croft D. R. Energy Efficiency. Longman. 1990. 400 p.
30. Raymond C. Bryant. Managing Energy for Buildings. Government Inst. 1983. 807 p.
31. Richard R. Vaillencourt. Simple Solutions to Energy Calculations, Fourth Edition. Fairmont Press. 2007. 225 p.
32. Study on energy saving effect of heat-reflective insulation coating on envelopes in the hot summer and cold winter zone / W. Guoa, X. Qiaoa, Y. Huanga, M. Fanga, X. Hanb. // Energy and Buildings. 2012. Pp. 23-34
33. Wei Li, Jinzhong Zhu, Zhimin Zhu. The Energy-saving Benefit Evaluation Methods of the Grid Construction Project Based on Life Cycle Cost Theory // Energy Procedia. Vol.17. Part A. 2012. Pp. 227–232.
34. Na Na Kanga, Sung Heui Choa, Jeong Tai Kimb. The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior // Energy and Buildings. Vol. 46. 2012. Pp. 112–122.
35. Energy Saving Methods and Results Analysis in the Hotel. Xinhong Zhaoa, Congyu Mab, Pingdao Gub. Energy Procedia. Volume 14. 2012. Pages 1523–1527.
36. Uygunođlu A., Keçebaş A. LCC analysis for energy-saving in residential buildings with different types of construction masonry blocks // Energy and Buildings. Vol. 43. Issue 9. 2011. Pp. 2077–2085.
37. Johannes Reichla, Andrea Kollmann. The baseline in bottom-up energy efficiency and saving calculations – A concept for its formalisation and a discussion of relevant options // Applied Energy. Vol. 88, Issue 2. 2011. Pp. 422–431.
38. Entropa A. G., Brouwersb H. J. H., Reindersc A. H. M. E. Evaluation of energy performance indicators and financial aspects of energy saving techniques in residential real estate // Energy and Buildings. Vol. 42. Issue 5. 2010. Pp. 618–629.
39. Петриченко М. Р. Справочник конструктора, СПб, ПОЛИТЕХНИКА, 2006, с. 419-445
40. Петриченко М. Р. Гидравлика неизотермических потоков в системах жидкостного охлаждения, диссер. На соиск. учен. степ. д.т.н., Л., ЛГТУ, 1990, 348 с.

References

1. *Federal'nyi zakon № 261-FZ «Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoi effektivnosti i o vnesenii izmenenii v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiiskoi Federatsii»* (rus)
2. *Sokol'skii V. A. Printsipy Ekonomichnosti i ikh vyrazhenie v sovremennom stroitel'stve. S.-Peterburg". 1910. 538 S.* (rus)
3. *Boguslavskii L. D. Snizhenie raskhoda energii pri rabote sistem otopeniia i ventilatsii. Moskva, Stroizdat. 1985. 336 S.* (rus)
4. *Gagarin V. G., Kozlov V. V. Trebovaniia k teplozashchite i energeticheskoi effektivnosti v proekte aktualizirovannogo SNIIP «Teplovaia zashchita zdaniia» // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2011. № 8. S. 2-6.* (rus)
5. *Gagarin V. G., Kozlov V. V. O kompleksnom pokazatele teplovoi zashchity obolochki zdaniia // AVOK: ventilatsiia, otopenie, konditsionirovanie vozdukhha, teplosnabzhenie i stroitel'naia teplofizika. 2010. № 4. S. 52-61.* (rus)
6. *Gorshkov A. S., Gladkikh A. A. Meropriiatiia po povysheniiu energoeffektivnosti v stroitel'stve // Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo. 2010. № 3. S. 246-250.* (rus)
7. *Gorshkov A. S. Energoeffektivnost' v stroitel'stve: voprosy normirovaniia i mery po snizheniiu energopotrebleniia zdaniia // Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal. 2010. № 1. S. 9-13.* (rus)
8. *Goshka L. L. K voprosu ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoi effektivnosti v zdaniakh // Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal. 2010. № 5. S. 38-42.* (rus)

9. Goshka L. L. *Sistemnyi podkhod k energosberezheniiu v inzhenernykh setiakh zdaniy* // *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2011. № 1. S. 66-71. (rus)
10. Tabunshchikov Iu. A. *Litsom k probleme energosberezheniia* // *Arkhitektura i stroitel'stvo Moskvy*. 2010. T. 554. № 6. S. 2-13. (rus)
11. Datsiuk T. A. *Inzhenernye aspekty energosberezheniia zdaniy* // *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2009. № 5. S. 326-328. (rus)
12. Savin V. K. *Novye podkhody k otsenke energosberezheniia i energeticheskoi effektivnosti v stroitel'noi otrasli* // *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010. № 3. S. 241-245. (rus)
13. Savin V. K. *Uproshchennaia model' minimizatsii raskhoda summarnoi energii, idushchei na stroitel'stvo i ekspluatatsiiu zdaniy* // *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010. № 1. S. 80-84. (rus)
14. Ezerskii V. A., Monastyrev P. V., Klychnikov R. Iu. *Metodika opredeleniia predel'nogo sroka sluzhby zdaniia, obespechivaiushchego bezbytochnost' ego termomodernizatsii* // *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010. № 3. S. 357-362. (rus)
15. *Teplovaia effektivnost' ekspluatiruemykh zhilykh zdaniy* / Beregovoi A. M., Beregovoi V. A., Mal'tsev A. V., Petrianina M. A. // *Regional'naia arkhitektura i stroitel'stvo*. 2012. № 1. S. 107-111. (rus)
16. Butovskii I. N. *Osobennosti teplotekhnicheskogo rascheta teplozashchity i energopotrebleniia sovremennykh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy pri otsenke ikh energoeffektivnosti* // *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2009. № 5. S. 356-361. (rus)
17. Petrukhin A. B., Oparina L. A. *Formirovanie integral'nogo pokazatelya energeticheskoi effektivnosti zdaniy* // *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriia: Ekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom*. 2011. № 03. S. 92-95. (rus)
18. Erofeev P. Iu. *Osobennosti i osnovnye napravleniia resursosberezheniia v kontseptsii ustoichivogo razvitiia ekonomiki*. // *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii*. 2006. № 3. S. 31-32. (rus)
19. Fediaeva P. V., Sheina S. G. *Kompleksnaia otsenka energosberegaiushchikh meropriatii pri ekspluatatsii ob"ektov nedvizhimosti* // *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010. № 3. S. 165-166. (rus)
20. Aver'ianova O. V. *Ekonomicheskaiia effektivnost' energosberegaiushchikh meropriatii* // *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2011. № 5. S. 53-59. (rus)
21. *Rukovodstvo po otsenke ekonomicheskoi effektivnosti investitsii v energosberegaiushchie meropriatiia*. Dmitriev A.N., Tabunshchikov Iu.A., Kovalev I.N., Shilkin N.V. Moskva, AVOK-PRESS. 2005. 122 s. (rus)
22. Nikolaev V.G. *Energosberegaiushchie metody upravleniia rezhimami raboty nasosnykh ustanovok sistem vodosnabzheniia i vodootvedeniia* // *disser. d.t.n., Moskva, 2010, 375 S.* (rus)
23. Onishchenko S.V. *Avtonomnye energoeffektivnye zhilye zdaniia usadbnogo tipa* // *disser. k.t.n., Krasnodar, 2009, 222 S.* (rus)
24. Isanova A.V. *Povyshenie effektivnosti i vybor ratsional'nykh parametrov i rezhimov raboty teplonasosnykh stantsii dlia sistem otopeniia i goriachego vodosnabzheniia* // *disser. k.t.n., Voronezh, 2011, 141 S.* (rus)
25. Vikulin D.Iu. *Proektirovanie sistem monitoringa energoeffektivnosti zdaniy, sooruzhenii v SAPR ob"ektov stroitel'stva* // *disser. k.t.n., Moskva, 2010, 166 S.* (rus)
26. Ivanov A.A. *Modelirovanie i obosnovanie sistem gazosnabzheniia poselkov* // *disser. k.t.n., Saratov, 2011, 157 S.* (rus)
27. *Vliianie urovnia teplovoi zashchity ograzhdaiushchikh konstruksii na velichinu poter' teplovoi energii v zdaniy* / Vatin N. I., Nemova D. V., Rymkevich P. P., Gorshkov A. S. // *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2012. №8(34). S. 4-14. (rus)
28. Ehringer H., Hoyaux G., Zegers P. *Energy Conservation in Buildings Heating, Ventilation and Insulation* // Springer. 1983. 512 p.
29. Eastop D., Croft D. R. *Energy Efficiency*. Longman. 1990. 400 p.
30. Raymond C. Bryant. *Managing Energy for Buildings*. Government Inst. 1983. 807 p.
31. Richard R. Vaillencourt. *Simple Solutions to Energy Calculations, Fourth Edition*. Fairmont Press. 2007. 225 p.
32. Study on energy saving effect of heat-reflective insulation coating on envelopes in the hot summer and cold winter zone / W. Guoa, X. Qiaoa, Y. Huang, M. Fanga, X. Hanb. // *Energy and Buildings*. 2012. Pp. 23-34
33. Wei Li, Jinzhong Zhu, Zhimin Zhu. *The Energy-saving Benefit Evaluation Methods of the Grid Construction Project Based on Life Cycle Cost Theory* // *Energy Procedia*. Vol.17. Part A. 2012. Pp. 227–232.
34. Na Na Kanga, Sung Heui Choa, Jeong Tai Kimb. *The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior* // *Energy and Buildings*. Vol. 46. 2012. Pp. 112–122.

35. Energy Saving Methods and Results Analysis in the Hotel. Xinhong Zhaoa, Congyu Mab, Pingdao Gub. Energy Procedia. Volume 14. 2012. Pages 1523–1527.
36. Uygunođlua T., Keçebaşb A. LCC analysis for energy-saving in residential buildings with different types of construction masonry blocks // Energy and Buildings. Vol. 43. Issue 9. 2011. Pp. 2077–2085.
37. Johannes Reichla, Andrea Kollmann. The baseline in bottom-up energy efficiency and saving calculations – A concept for its formalisation and a discussion of relevant options // Applied Energy. Vol. 88, Issue 2. 2011. Pp. 422–431.
38. Entropa A. G., Brouwersb H. J. H., Reindersc A. H. M. E. Evaluation of energy performance indicators and financial aspects of energy saving techniques in residential real estate // Energy and Buildings. Vol. 42. Issue 5. 2010. Pp. 618–629.
39. *Petrichenko M.R., Spravochnik konstruktora, SPb, POLITEKhnIKA, 2006, s. 419-445. (rus)*
40. *Petrichenko M.R., Gidravlika neizotermicheskikh potokov v sistemakh zhidkostnogo okhlazhdeniia, disser. d.t.n., L., LGTU, 1990, 348 S. (rus)*