



РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, СНИЖАЮЩИХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАТРАТЫ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Dilshoda Xatamova [0009-0002-8336-9884]

Хатамова Д.Н. - Навоийский государственный горно-технологический университет, доцент кафедры горного дела, доктор технических наук (DSc).

Аннотация. Особенности энергоснабжения буровых работ в том, числе отдаленность участков от централизованной электросети, сложные геологические и технико-экономические условия ведения работ, неравномерное распределение потребителей, суровые транспортные и климатические условия приводят к необходимости использования более экономически эффективных вариантов энергоснабжения, комплексному производству электрической и тепловой энергии на местах, комплексному решению вопросов энерго- и теплоснабжения, перехода с одного вида энергии на другой, в зависимости от объема и этапа работ. В данной статье разработано устройство для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки и представлены результаты экспериментальных исследований предложенного устройства.

Ключевые слова: буровая установка, ДВС, теплота, термоэлектрогенератор, выхлопные газы, электроэнергия, утилизация, топливо, бурение.

Abstract. Features of the energy supply for drilling operations, including the remoteness of sites from the centralized power grid, complex geological and technical and economic conditions for conducting work, uneven distribution of consumers, harsh transport and climatic conditions lead to the need to use more cost-effective energy supply options, integrated production of electrical and thermal energy on site, comprehensive solutions to energy and heat supply issues, and transition from one type of energy to another, depending on the volume and stage of work. This article has developed a device for recovering heat from a mobile power plant of a drilling rig and presents the results of experimental studies of the proposed device.

Keywords: drilling rig, internal combustion engine, heat, thermoelectric generator, exhaust gases, electricity, recycling, fuel, drilling.

Введение

Анализ энерго – и ресурсозатрат буровых работ показывает, что расход энергоресурсов существенно влияет на себестоимость эксплуатации бурового оборудования. На протяжении последних лет в результате резкого подорожания топливно-энергетических ресурсов наблюдалось увеличение затрат на буровые работы. Резкое повышение затрат буровых работ значительно заметно в холодное время года, например, тепловая энергия, необходимая для выполнения буровых работ в осенний и зимний период, значительно повышает затраты на общую энергию. Анализ затрат тепловой энергии, подробно описанные в работах [1, 2], необходимой для осуществления буровых работ, показывает, что в холодное время года на буровых работах затрачивается 25-30 кВт энергии. Это в свою очередь, приводит к повышению себестоимости буровых работ. Путем снижения энергозатрат на получение тепла можно существенно снизить себестоимость буровых работ. Для этой цели можно утилизировать тепло, т.е. можно утилизировать вторичные энергоресурсы, выделяющиеся от двигателей внутреннего сгорания буровых станков и систем автономной энергоснабжения.

Основная часть

Привод буровой установки представлен дизельной электростанцией и электрическими двигателями. В большом количестве выделяются выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания дизельной электростанции и энергия в виде тепла радиаторов системы охлаждения, т.е. 55-65 % топлива выделяется в атмосферу в виде теплоты.

Для утилизации теплоты, выделяемой двигателями внутреннего сгорания в процессе бурения скважин с промывкой очистным раствором нами разработано устройство для утилизации теплоты передвижной электростанции бурового устройства, схематический вид которого представлен на рис.1.

Задачей устройства для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки является снижение энергетических затрат при бурении геологоразведочных скважин, на основе полезного использования вторичных энергоресурсов двигателя внутреннего сгорания передвижной электростанции для получения горячей воды, а также получения электрической энергии.

Поставленная задача обеспечивается тем, что устройство для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки с вентилятором и радиатором системы охлаждения, содержит три теплообменника, блок термоэлектрогенераторов, водяной насос и вихревую трубу, причем выхлопная труба двигателя внутреннего сгорания соединена с входной трубой горячего узла блока термоэлектрогенератора, выходная труба горячего узла блока термоэлектрогенератора соединена с вихревой трубой. Горячий выход вихревой трубы соединен с первым теплообменником, выход которого соединен со вторым теплообменником. Холодный выход вихревой трубы соединен с третьим теплообменником, входная труба которого соединена с водяным насосом, а выходная труба соединена с холодным узлом блока термоэлектрогенератора.

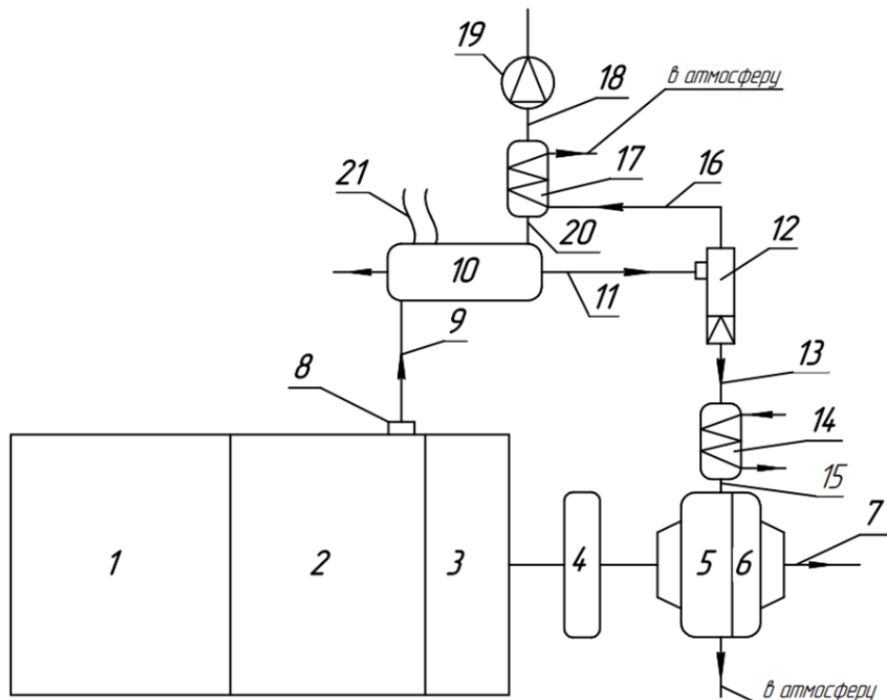


Рис. 1. Устройство для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки: 1 – буровая установка; 2 – ДВС; 3 – радиатор; 4 – вентилятор; 5 – теплообменник; 6 – воздушный фильтр; 7, 9, 11, 13, 15, 16 и 18 – трубы; 8 – выхлопная труба; 10 – термоэлектрогенератор; 12 – вихревая труба; 14 и 17 – теплообменник; 19 – насос.



Предлагаемое устройство для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания буровой установки дает возможность получения тепловой и электрической энергий, тем самым позволяет снизить затраты на горячее водоснабжение, отопление, теплоснабжение технологических процессов, а также затраты на электроэнергию благодаря использованию вторичных энергоресурсов двигателя внутреннего сгорания передвижной электростанции для получения горячей воды, а также получения электрической энергии.

Устройство для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания буровой установки 1 с двигателем внутреннего сгорания 2, которая содержит жидкостный радиатор охлаждения 3 и вентилятор 4, установленный между радиатором 3 и теплообменником воздух-воздух 5, снабженным воздушным фильтром 6 и направляющим горячий воздух 7. Выхлопная труба 8 двигателя 2 буровой установки с помощью трубы 9 соединена со входом горячего узла блока термоэлектрогенератора 10. Выход горячего узла блока термоэлектрогенератора соединен при помощи трубы 11 с вихревой трубой 12, горячий конец которой в свою очередь соединен при помощи трубы 13 ко входу теплообменника воздух-вода 14. Выход теплообменника воздух-вода 14 соединен при помощи трубы 15 с теплообменником воздух-воздух 5. Холодный конец вихревой трубы 12 при помощи трубы 16 соединен с теплообменником воздух-вода 17. Водяной вход теплообменника воздух-вода 17 соединен с насосной установкой 19 при помощи трубы 18. Водяной выход теплообменника воздух-вода 17 соединен с холодным узлом блока термоэлектрогенератора 10 при помощи трубы 20. Электрическая энергия, вырабатываемая в блоке термоэлектрогенератора 10, отводится кабелем 21.

Устройство работает следующим образом. С запуском двигателя 2 буровой установки выхлопной газ проходит через блок термоэлектрогенератора 10, нагревая горячий его узел. Блок термоэлектрогенератора 10 работает по эффекту Зеебека, состоит из горячего и холодного узлов, выполненных в виде шестиугольника в поперечное сечение. Разница температур, возникшая между горячим и холодным спаями модуля, приводит к возникновению термоэлектродвижущей силы, которую можно использовать для подзарядки аккумуляторных батарей, освещения и других целях. Холодный узел охлаждается водой, подаваемой насосом 9. Нагретая вода в результате работы термоэлектрогенератора 10 используется для приготовления бурового раствора или для подпитки зумпфа с буровым раствором.

Выхлопные газы, выходя с блока термоэлектрогенераторов 10, проходя вихревую трубу 12, разделяются на горячий и холодный потоки. Холодный поток из вихревой трубы 12 поступает в теплообменник воздух-вода 17 и охлаждает воду, поступающую от насоса 9 к термоэлектрогенератору 10. Горячий поток, проходя через теплообменник воздух-вода 14, нагревает воду, которую можно использовать для отопления бытовых и технологических помещений, а также для горячего водоснабжения.

Горячий поток по теплообменнику воздух-вода 14 подается в теплообменник воздух-воздух 5 для дополнительного отбора тепла. Вентилятор создает воздушный поток, отбирающий теплоту с радиатора ДВС и поступающий в теплообменник воздух-воздух 5 для дополнительного нагревания. Нагретый воздушный поток, очищенный воздушным фильтром 6, используется для отопления бытовых и технологических помещений.

Таким образом, предложенное устройство для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания буровой установки позволяет снизить затраты на горячее водоснабжение, отопление, теплоснабжение технологических процессов, а также

снижает затраты электроэнергии на освещение, устройства контроля и сигнализации, подзарядки аккумуляторных батарей и пр.

С целью определения эффективности разработанного устройства для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки проведены экспериментальные исследования. Экспериментальные исследования велись на малогабаритной буровой установке мощностью 28 л.с. (20,6 кВт).

Задачи экспериментального исследования:

- определение зависимости мощности вырабатываемого электрического тока в термоэлектрогенераторе от подаваемой на ДВС нагрузки;
- определение зависимости температуры нагреваемой в теплообменнике воды от нагрузки на двигатель;
- определение мощности теплового потока, образованного в теплообменнике;
- исследование влияния режима работы оборудования на величину теплоты, утилизируемой в теплообменнике.

На рис.2. приведены точки замера и контроля технологических параметров проведения экспериментальных исследований.

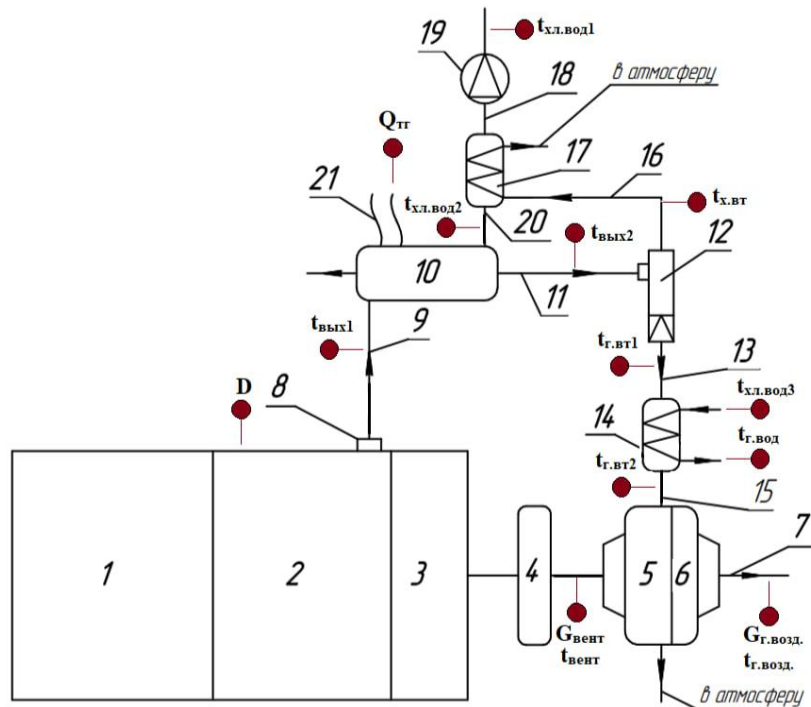


Рис.2. Точки замеров технологических параметров при экспериментальном исследовании:

D – расход топлива ДВС, кг/ч; $t_{\text{вхл}1}$ – температура выхлопного газа, °C;

$t_{\text{вых2}}$ – температура выхлопного газа на выходе из термоэлектрогенератора, °C;

$Q_{те}$ – величина электроэнергии, вырабатываемой в термоэлектрогенераторе, кВт;

$t_{хлд, год1}$ – температура холодной воды, подаваемой в теплообменник, °C;

$t_{\text{хл.вод2}}$ – температура охлажденной воды, подаваемой в термоэлектрогенератор, °C;

$t_{x, \text{см}}$ – температура холодного потока воздуха, выходящего с вихревой трубы, °C;

$t_{2\text{см1}}$ – температура горячего потока воздуха, выходящего с вихревой трубы, °C;

$t_{g, \text{см}2}$ – температура горячего потока воздуха, подаваемого в теплообменник, °C;

$t_{\text{дл.вод3}}$ – температура воды, подаваемой во второй теплообменник, °C;

$t_{2, \text{вод}}$ – температура нагретой воды, выходящей с теплообменника, °C;

$G_{\text{горнт}}$ – расход горячего потока, подаваемого с радиатора в теплообменник, кг/с;



$t_{вент}$ – температура горячего потока, подаваемого с радиатора в теплообменник, °C;

$G_{г.возд.}$ – расход горячего потока, выходящего с теплообменника, кг/с;

$t_{г.возд.}$ – температура горячего потока, выходящего с теплообменника, °C.

Как было отмечено выше, установка какой – либо системы в выхлопной трубе ДВС приводит к увеличению расхода топлива двигателя. Однако, можно добиться эффективности на основе рационального возобновления вторичных энергоресурсов, выделяемых в виде теплоты из двигателя, а также обеспечения тепло- и электроэнергией технологических процессов бурения. Повышение нагрузки, оказываемой на ДЭС буровой установки в процессе бурения, приводит к повышению расхода топлива, повышение нагрузки на двигатель повышает выделение вторичной энергии в виде теплоты.

В ходе испытаний исследована зависимость мощности электроэнергии, вырабатываемой термоэлектродгенератором, соединенным к выхлопной трубе ДВС, от подаваемой нагрузки на двигатель. На рис.3 приведена зависимость величины вырабатываемой электроэнергии в термоэлектродгенераторе от нагрузки на двигатель.

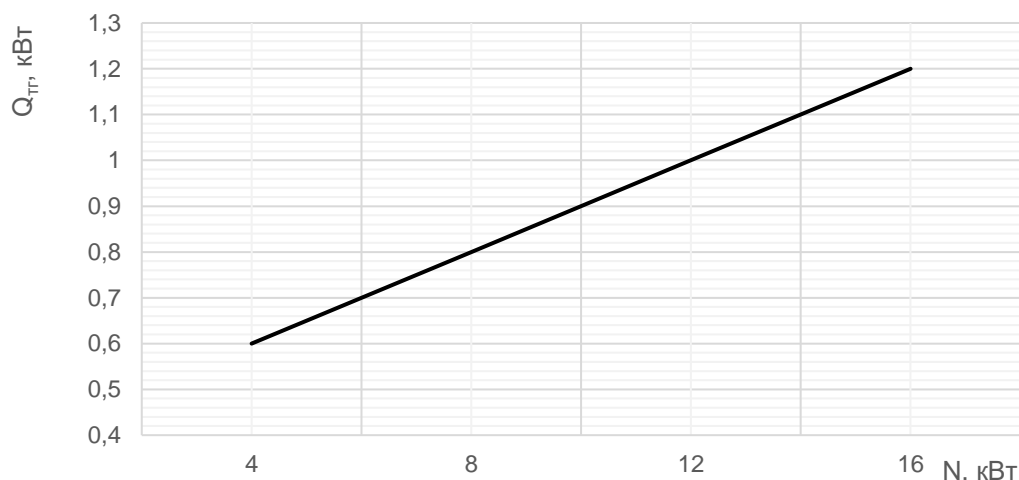


Рис. 3. Зависимость величины вырабатываемой электроэнергии $Q_{тг}$ в термоэлектродгенераторе от нагрузки на двигатель N .

Повышение нагрузки на двигатель приводит к увеличению расхода топлива, в результате увеличиваются расход и температура выхлопных газов, это приводит к увеличению разности температур за счет повышения температуры нагревающего потока в термоэлектродгенераторе, следовательно, увеличивается и выработка электрического тока в термоэлектродгенераторе. Как видно из графика, приведенного на рис. 3, увеличение нагрузки на двигатель увеличивает электрический ток, вырабатываемый термоэлектродгенератором.

Температура горячей воды, образованной в теплообменнике, применяемом в устройстве для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки, также зависит от нагрузки, подаваемой на двигатель. На рис.4 представлена зависимость температуры нагреваемой в теплообменнике воды от нагрузки, подаваемой на двигатель. Здесь также наблюдается повышение температуры нагреваемой в теплообменнике воды в результате увеличения нагрузки на двигатель, т.е. повышение расхода топлива компенсируется образованной теплотой. Теплота, образованная в теплообменнике, увеличивается

по мере увеличения нагрузки мощности теплового потока на двигатель, т.е. по мере увеличения расхода топлива.

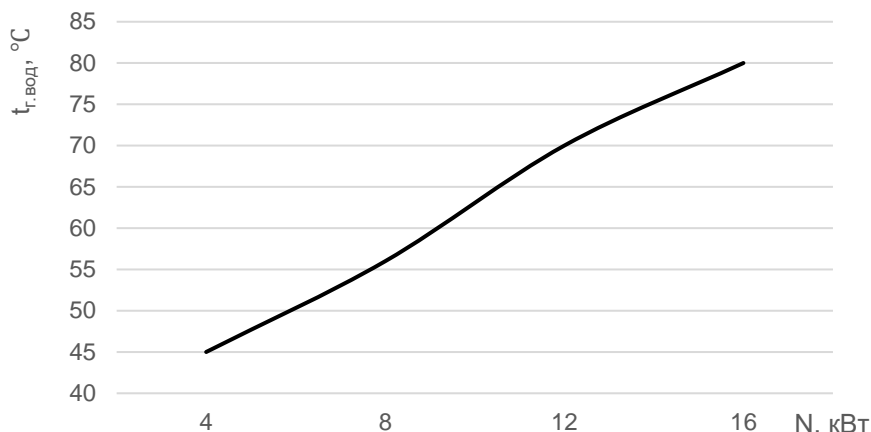


Рис. 4. Зависимость температуры нагретой воды в теплообменнике $t_{г.вод}$ от нагрузки на двигатель N .

По мере увеличения нагрузки на двигатель, т.е. расхода топлива, увеличивается мощность теплового потока, образованного в теплообменнике.

Тепловая мощность нагретой воды, выходящей из теплообменника, определяется по следующей формуле [3]:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где m – массовый расход, кг/с; c – удельная теплоёмкость, Дж/(кг·К); ΔT – изменение температуры, °C.

Тепловая мощность нагретого потока воздуха, выходящего из теплообменника, определяется по следующей формуле [4]:

$$Q_{\text{тепл.поток}} = c_v \cdot G_v \cdot (t_{г.возд} - t_{окр}), \text{ Вт}, \quad (2)$$

где c_v – теплоемкость воздуха, Дж/кг·°C; G_v – расход воздуха, кг/с; $t_{г.возд}$ – температура нагретого воздуха на выходе из теплообменника, °C.

Ниже на рис. 5 представлен график зависимости тепловой мощности нагретой воды, выходящего из теплообменника, $Q_{г.вода}$ от расхода топлива D .

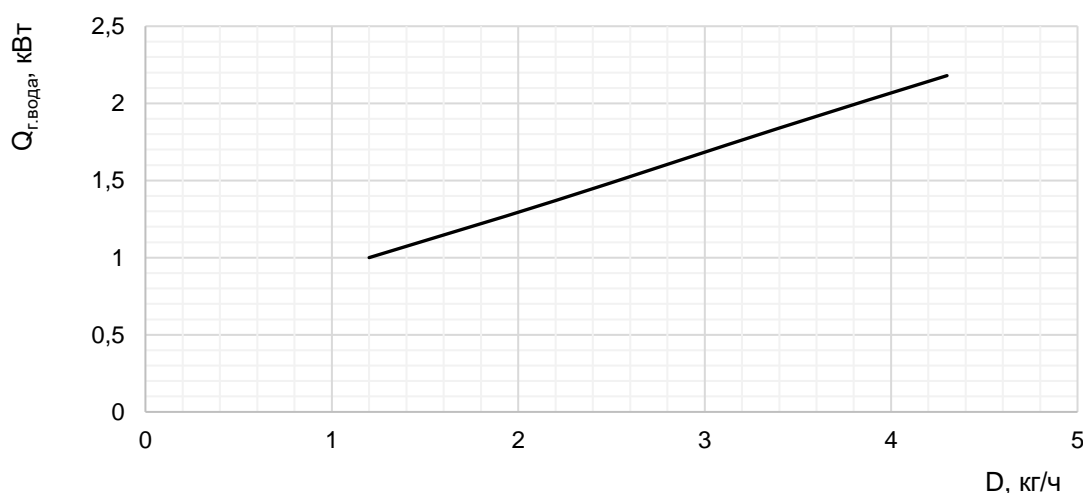


Рис. 5. Зависимость тепловой мощности нагретой воды, выходящего из теплообменника, $Q_{г.вода}$ от расхода топлива D

Ниже на рис. 6 приведен график зависимости мощности нагретого потока воздуха, выходящего из теплообменника, $Q_{\text{тепл.поток}}$ от расхода топлива D .

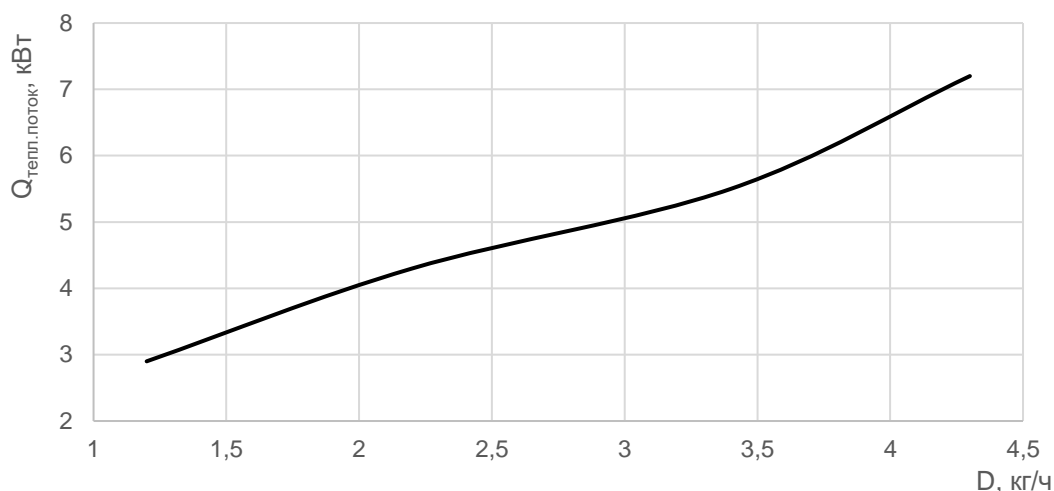
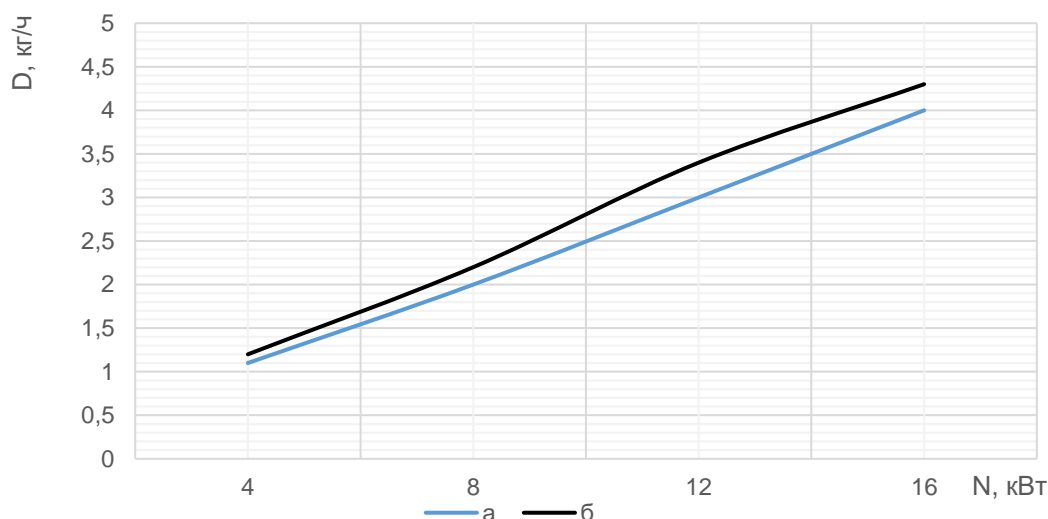


Рис. 6. Зависимость тепловой мощности нагретого потока воздуха, выходящего из теплообменника, $Q_{\text{тепл.поток}}$ от расхода топлива (D).

Применение теплообменника в устройстве для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки дает возможность получить поток горячей воды, которую можно использовать для бытовых и технологических нужд. Из вышеприведенного графика наблюдается, что повышение расхода топлива двигателя повышает мощность теплового потока, т.е. определенная часть израсходованного топлива возобновляется в виде теплового потока.

В результате применения устройства для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки расход топлива увеличивается в среднем на 10%, данное повышение представлено в виде графика на рис.7.



а – без применения устройства для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки;
б – с применением устройства для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки.

Рис. 7. Зависимость расхода топлива D от нагрузки на двигатель N .

Определено, что количество электроэнергии и теплового потока, образованного в устройстве для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки, больше значения прироста расхода топлива, возникшего в результате



применения данного устройства. В генераторе вырабатывается 12 кВт электроэнергии при расходе топлива 3 кг/ч без применения устройства для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки. При применении устройства для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки в генераторе вырабатывается 12 кВт электроэнергии при расходе топлива 3,4 кг/ч, однако, дополнительно в термоэлектрогенераторе вырабатывается 1 кВт электроэнергии, в теплообменнике образовывается тепловой поток мощностью 5,5 кВт, а тепловая мощность потока, нагретого в теплообменнике, составляет 1,84 кВт. Соответственно, потратив 3,4 кг/ч топлива, в общем количестве образовывается 20,3 кВт энергии. Для получения 20,3 кВт энергии, не применяя устройство для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки, необходимо в среднем 4,3 кг/ч расхода топлива.

Определение эффективности применения устройства для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки осуществлялось на основе сопоставления мощности вырабатываемой в генераторе электроэнергии и мощности возобновленной тепловой энергии, а также расхода топлива на их выработку при базовом варианте и с применением предлагаемого устройства. Результаты сопоставления представлены в табл.1.

Таблица 1.

| $D_{\text{базовый}}$ кг/ч | $N_{\text{ген}}$ кВт | Расход топлива на выработку у 1 кВт энергии. $\frac{D_{\text{базовый}}}{N}$ кг/ч | $D_{\text{уст.утил.}}$ кг/ч | $N_{\text{ген.}}$ кВт | $Q_{\text{т.поток}}$ кВт | $Q_{\text{г.вода}}$ кВт | $Q_{\text{тг}}$ кВт | $\sum N$ кВт | Расход топлива на выработку 1 кВт энергии $\frac{D_{\text{уст.утил.}}}{\sum N}$ кг/ч |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1,1 | 4 | 0,275 | 1,2 | 4 | 2,9 | 1,0 | 0,6 | 8,5 | 0,141 |
| 2,0 | 8 | 0,250 | 2,2 | 8 | 4,3 | 1,37 | 0,8 | 14,4 | 0,152 |
| 3,0 | 12 | 0,230 | 3,4 | 12 | 5,5 | 1,84 | 1,0 | 20,3 | 0,167 |
| 4,0 | 16 | 0,250 | 4,3 | 16 | 7,2 | 2,18 | 1,2 | 26,5 | 0,162 |

Примечание: $D_{\text{базовый}}$ – расход топлива базовой установки; $D_{\text{уст.утил.}}$ – расход топлива при использовании устройства для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки; $N_{\text{ген.}}$ – мощность электроэнергии, выработанной в генераторе; $Q_{\text{т.поток}}$ – мощность теплового потока воздуха нагретого в теплообменнике; $Q_{\text{г.вода}}$ – тепловая мощность воды, нагретой в теплообменнике; $Q_{\text{тг}}$ – электроэнергия, выработанная в термоэлектрогенераторе; $\sum N$ – общая мощность выработанной энергии при применении устройства для утилизации теплоты.

В результате применения устройства для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки расход топлива увеличивается в среднем на 10%, однако, получение и использование для технологических нужд электроэнергии, выработанной в термоэлектрогенераторе устройства, воды,



нагретой в теплообменнике, утилизации теплоты, выделяемой в атмосферу от нагретого потока воздуха, образованного в теплообменнике, позволяет снизить нагрузку на дизельную электростанцию. В результате снижается расход топлива и увеличивается производительность.

Заключение

Электрический ток, образованный термоэлектрогенератором устройства для утилизации теплоты передвижной электростанции буровой установки, можно использовать для освещения, для снабжения электричеством контрольно-измерительных приборов, заряда аккумуляторов. Тепловой поток, образованный в теплообменнике, можно использовать для отопления хозяйственных строений и рабочих площадок, а образованную воду можно использовать для технологических нужд. Все вышеперечисленное уменьшает расход топлива и увеличивает производительность ДЭС за счет снижения нагрузки на генератор.

Список использованных литературы:

- [1]. Жернаков А.П., Алексеев В.В., Лимитовский А.М., Меркулов М.В., Шевырев Ю.В., Косьянов В.А., Ивченко И.А. Экономия топливно-энергетических ресурсов при проведении геологоразведочных работ. – Волгоград: «Ин-Фолио», 2011. -352 с.
- [2]. Кардыш В.Г., Мурзаков Б.В., Окмянский А.С. Энергоемкость бурения геологоразведочных скважин – Москва: Недра, 1984. – 201 с.
- [3]. Власюк В.И., Калинин А.Г., Анненков А.А. Бурение и опробование разведочных скважин. – Москва: «ЦентрЛитНефтеГаз», 2010. – 860 с.
- [4]. Буткин В.Д., Демченко И.И. Буровые машины и инструменты. – Красноярск, СФК, 2012. – 121 с.