

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ КАЗАНЬ» ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ГАЗА НА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ

В данной статье рассматривается один из способов повышения экономической эффективности работ Общества с ограниченной ответственностью «Газпром трансгаз Казань» [ООО «Газпром трансгаз Казань»] при эксплуатации подогревателей газа на газораспределительной станции путем замены блока подогрева газа. Описаны преимущества оборудования «ИСТОК-60» перед ПТПГ-30, приведен расчет экономического эффекта от внедрения нового оборудования. Объектом исследования является процесс эксплуатации подогревателей газа на газораспределительной станции ООО «Газпром трансгаз Казань», предметом — способ повышения экономической эффективности работы подогревателей газа.

В результате проведенного исследования доказана целесообразность замены старого оборудования на новое и рассчитан экономический эффект. Также в статье поднимаются вопросы возможности использования концепции «Бережливое производство» в процессе газораспределения. В качестве основного предложен один из методов бережливого производства — SMED.

Ключевые слова: газораспределительная станция, блок подогрева газа, пульсирующее горение, бережливое производство, потери, экономический эффект.

Сокращения

РФ — Российская Федерация
ГРС — газораспределительная станция
БПГ — блок подогрева газа
КПД — коэффициент полезного действия
БП — бережливое производство
ТПГ — теплогенератор пульсирующего горения
МСКУ — мультипроцессорные системы комплексного управления

Введение. Важной составной частью топливно-энергетического комплекса РФ является газовая промышленность. Она представляет собой систему магистральных и распределительных газопроводов, выполняющих функции транспортировки, хранения и распределения газа [1].

Для обеспечения подачи газа потребителям (населенным пунктам, промышленным объектам и др.) используются ГРС (газораспределительные станции), которые поставляют газ в заданном объеме, с необходимым уровнем давления, требуемой степени очистки и т.д.

Одним из важных узлов ГРС является БПГ (блок подогрева газа), который предназначен для подогрева газа до определённой температуры, исключения гидратообразования при дросселировании, а также поддержания необходимой температуры газа на выходе из ГРС.

Именно здесь, на выходе из ГРС, возникают большие потери газа, что ведет к нежелательным финансовым тратам. Для снижения этих потерь требуется разработка и внедрение определенных технологических решений, одним из которых может стать замена старого оборудования на новое.

Цель исследования. Целью данной работы является рассмотрение способа повышения экономической эффективности работ ООО «Газпром трансгаз Казань» при эксплуатации подогревателей газа на ГРС путем замены оборудования (БПГ), описание работы и преимуществ предлагаемого нового оборудования (БПГ) и доказательство целесообразности такой замены.



Рис. 1. Процесс газораспределения ГРС

Основная часть. Главными задачами ООО «Газпром трансгаз Казань» являются: эксплуатация магистральных газопроводов в зоне своего обслуживания Единой системы газоснабжения Российской Федерации, эксплуатация газораспределительных сетей, проектирование систем газоснабжения, капитальный и восстановительный ремонт действующих газопроводов и объектов газового хозяйства, транспортировка и поставка углеводородного сырья потребителям России и Татарстана [2].

Среди них следует особо отметить как социально значимую задачу — распределение и доведение природного газа до конечного потребителя (другими словами, практически до каждого гражданина РФ). Рассмотрим данный процесс более подробно.

Главную роль в этом процессе играет газораспределительная станция (далее ГРС). ГРС — это совокупность установок и технического оборудования, измерительных и вспомогательных систем для снижения и поддержания давления (редуцирования) газа, необходимого для подачи определенного количества газа и обеспечения его безопасного потребления. Отобразим процесс газораспределения ГРС на рис. 1.

ГРС состоит из совокупности различного вида систем и установок. Одну из ключевых ролей здесь играет оборудование, от КПД которого зависит, насколько велики будут потери природного газа при его транспортировке от ГРС к населенным пунктам (конечный потребитель). В качестве такого оборудования выступает блок (узел) подогрева газа (далее — БПГ). БПГ предназначен для подогрева газа до заданной температуры при использовании в системах газораспределения и газопотребления для исключения гидратообразования при дросселировании, а также поддержания необходимой температуры газа на выходе из ГРС [3].

В Республике Татарстан на данный момент насчитывается порядка 200 ГРС. Каждая отдельно взятая ГРС включает в себя БПГ (в зависимости от масштаба ГРС в нем может быть одна или несколько БПГ). Эффективность работы ГРС будет определяться КПД оборудования и, в том числе, возможностью применения методов БП.

Концепция БП является одним из важнейших факторов повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия. Основными принципами БП являются:

1. «Вытягивающее» производство (то есть построение процесса производства таким образом, чтобы соотнесенность предыдущей и последующей стадий производственного процесса регулировались запросом последней).

2. Ориентация на максимальный уровень качества (обнаружение и решение проблем у истоков их возникновения).

3. Непрерывное улучшение (постоянный анализ производственного процесса и поиск путей повышения производительности).

4. Гибкость (возможность адаптироваться к изменениям спроса, отклонению срока и объемов поставок от плановых показателей и т.д.).

5. Установление долговременных отношений с заказчиком путем деления рисков, затрат и информации.

6. Минимизация муда (потерь) путем устранения всех видов деятельности, которые не приносят добавочной стоимости заказчику, максимальное использование всех ресурсов (капитал, люди, земля) [4].

БП нацелено на устранение потерь во всех сферах производства, включая отношения с заказчиками, проектирование продукции, цепи снабжения и производственного менеджмента. Целью такого производства является достижение минимальных затрат труда, сокращенных сроков по созданию новой продукции, гарантированной поставки продукции заказчику, высокого качества при минимальной стоимости.

Потерь, от которых помогает избавиться «бережливое производство», достаточно много. В литературе выделяется 8 основных видов потерь: перепроизводство, транспортировка, ожидание, запасы, дефектность (брак и переделка), излишняя обработка, передвижение и отсутствие креативного подхода. После выявления потерь и структуризации их по видам необходимо подобрать соответствующие методы и инструменты бережливого производства, позволяющие устраниить потери [5].

Специфика данной концепции связана с выявлением таких участков производства (в данном случае — сфера функционирования газового оборудования), которые имеют наличие излишних, но потенциально устранимых затрат.

Для решения этой проблемы можно обратиться не к традиционному пути увеличения затрат (ресурсов) на устранение этих участков, а к ликвидации самих этих участков (что, соответственно, автоматически приведет к сокращению затрат (ресурсов)) [6]. Мероприятия по устранению данных проблем включают в себя замену старого оборудования на новое, работающее в соответствии с методами БП. В случае с подогревателями газа одним из таких методов может стать SMED.

Метод SMED («Быстрая переналадка») подразумевает сокращение длительности остановки оборудования во время его переналадки. Целями применения метода SMED являются: уменьшение времени простоя оборудования и сокращение элементов «незавершенного производства» (продукции, не прошедшей всех стадий, предусмотренных технологическим процессом, а также изделий, кото-

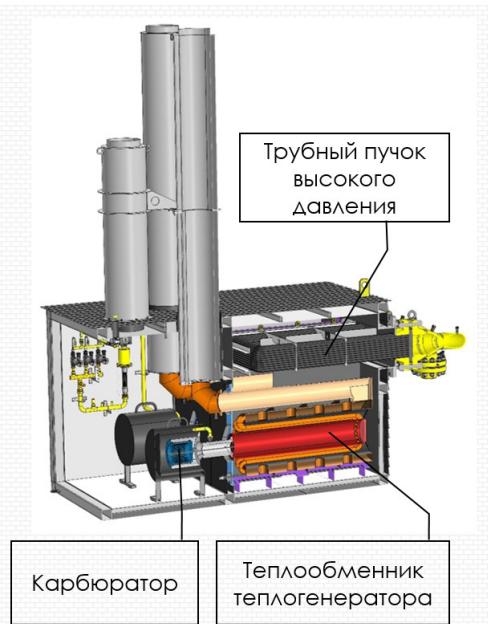


Рис. 2. БПГ «ИСТОК-60»

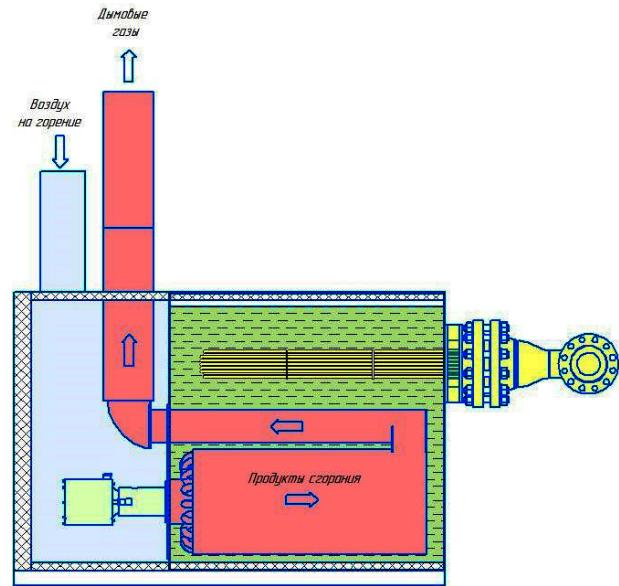


Рис. 3. Принцип работы БПГ «ИСТОК-60»

рые не были укомплектованы, испытаны и не прошли техническую приемку) [7].

В настоящий момент в качестве БПГ на ГРС используются БПГ типа ПТПГ-30. Подогреватель природного газа с жидкостным теплоносителем марки ПТПГ-30 предназначен для непрямого нагрева природного газа перед дросселированием и автоматического поддерживания температуры газа на выходе из подогревателя в интервале 15–70 °С. Он используется в системах регулирования турбин ГРС индивидуального проекта [8].

По мнению авторов статьи, для более рационального и эффективного использования оборудования следует произвести замену данного оборудования на более новое — БПГ «ИСТОК-60» (а также «ИСТОК-120», «ИСТОК-180» как его модификации). Обратимся к рассмотрению данного вида оборудования более подробно.

БПГ «ИСТОК-60» является подогревателем с промежуточным теплоносителем, где в качестве источника нагрева теплоносителя используются два теплогенератора пульсирующего горения мощностью 400 кВт каждый. БПГ предназначен для подогрева природного газа, соответствующего ГОСТ 5542-2014 [9], до температуры, исключающей образование кристаллогидратов и обмерзание регуляторов давления при редуцировании, обеспечения условий для нормальной работы магистральных газопроводов, газопроводов низкого давления, а также в других технологических процессах газовой промышленности.

Корпус БПГ «ИСТОК-60» разделен специальной перегородкой, образующей два отсека. В одном располагается топливное оборудование, включая узел подачи газа для каждого теплогенератора и глушители карбюратора. Второй отсек представляет собой герметичную ванну, в нижней части которой находится теплообменник теплогенератора ТПГ-0,4 (2 шт.), а в верхней — трубный пучок высокого давления, в котором и осуществляется нагрев газа (рис. 2).

Принцип работы подогревателя БПГ «ИСТОК-60» следующий: в теплогенераторе ТПГ-0,4 тепло от продуктов сгорания передается промежу-

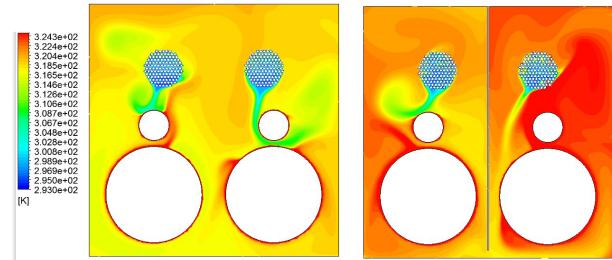


Рис. 4. Результаты компьютерного моделирования конвективных потоков

точному теплоносителю, который находится в емкости подогревателя. Продукты сгорания, охлаждаясь в тракте теплогенератора, выводятся через дымовую трубу. Далее тепло от нагретого теплоносителя передается холодному газу через пучок высокого давления, расположенный в верхней части емкости подогревателя (рис. 3).

Для повышения эффективности работы были проведены расчеты течения промежуточного теплоносителя под действием конвекции. По результатам компьютерного моделирования было введено конструкторское решение в виде центральной перегородки (отсутствующей в старом оборудовании), которое позволило увеличить степень подогрева газа на 17 % при прочих равных условиях (рис. 4).

Кроме того, хотя в данном случае методы БП напрямую не применяются, предлагаемый вариант оборудования реализует это самостоятельно, тем самым способствуя уменьшению потерь. Принцип работы подогревателя в этом случае соотносится с принципом реализации метода SMED («быстрая переналадка оборудования»), только является автоматизированным [10]. Циклограмма работы подогревателя приведена на рис. 5.

Алгоритм работы управления оборудованием направлен на поддержание постоянной температуры газа в определенном диапазоне на выходе из подогревателя по заданной циклограмме.

В БПГ «ИСТОК-60» используются два теплогенератора ТПГ-0,4 по 400кВт. Каждый из теплогенераторов имеет 3 режима тепловой мощности: ма-

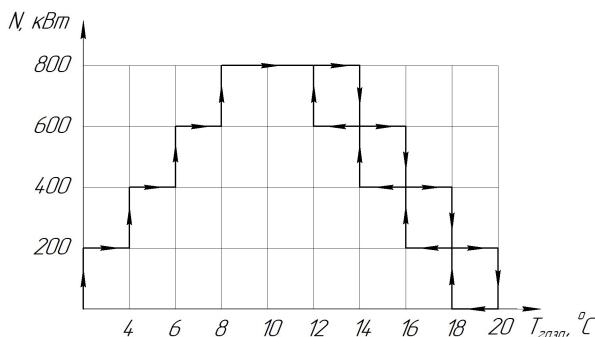


Рис. 5. Циклограмма работы подогревателя

лый (200 кВт), средний (300 кВт) и полный (400 кВт). В зависимости от расхода газа МСКУ автоматически подбирает количество работающих теплогенераторов и режим их мощности. Для исключения перегрева газа автоматика может полностью выключить оба теплогенератора и перейти в режим ожидания (в данном случае это и есть эквивалент SMED — быстрая переналадка оборудования, которая происходит автоматически в зависимости от температуры и необходимого режима работы).

При последующем увеличении расхода технологического газа и, соответственно, уменьшении его температуры, теплогенераторы запускаются и последовательно переходят на определенные тепловые режимы по заданной циклограмме (рис. 5).

Для одинаковой наработки каждого теплогенератора система управления отслеживает количество запусков каждого из них и выравнивает их.

Кроме того, стоит отметить, что БПГ «ИСТОК-60» использует в своей работе теплогенераторы пульсирующего горения. Основные преимущества пульсирующего горения:

- отсутствие горелочного устройства;
- простота конструкции и эксплуатации;
- отсутствие необходимости в высокой дымовой трубе для создания тяги;
- высокий уровень пассивной безопасности за счет малого объема камеры сгорания;
- малые размеры и масса на единицу теплопроизводительности;
- отсутствие необходимости частого обслуживания ТПГ;
- малый объем промежуточного теплоносителя, 3 м³.

При пульсирующем режиме горения возникает избыточное давление в жаровом тракте теплогенератора, благодаря чему нет необходимости создавать разряжение в топке путем установки высокой дымовой трубы. Кроме того, таким теплогенераторам не страшны сильные порывы ветра, из-за которых нередко останавливаются обычные котлы [11].

Благодаря пульсирующему горению удается применить камеру сгорания малого объема (в несколько раз меньше топок стационарных котлов), что обеспечивает безопасность функционирования оборудования.

Сравнительная характеристика газового оборудования «ИСТОК-60» и ПТПГ-30 представлена в таблице (табл. 1) [12, 13].

Применение пульсирующего горения позволило сократить массогабаритные характеристики теплогенератора за счет увеличения интенсификации теплоотдачи от продуктов сгорания в стенку от 2 до 3 раз по сравнению со стационарным горением (в случае с ПТПГ-30), что, в свою очередь, позволило уменьшить габариты подогревателя газа. Следует также обратить внимание на то, что теплообменник изготовлен из нержавеющей жаростойкой стали и рассчитан на работу без замены на весь срок службы в течение 50 лет.

Кроме того, стоит отметить положительный эффект одного из важнейших показателей газового оборудования (КПД), который будет рассмотрен ниже.

С целью выявления положительного эффекта от замены оборудования представим несложный расчёт, который позволит определить, какие потери возможно при этой замене минимизировать, а также определить примерную экономическую выгоду от данного мероприятия.

По данным за 2022 год потребление природного газа в Республике Татарстан составило примерно 225 тыс. кубометров в месяц, то есть за год примерно 2,6 млн кубометров. И это не окончательные цифры, так как ведется постоянный процесс газификации домовладений (ниже будут представлены прогнозы на 2030 год).

Основные показатели (КПД, стоимость, расход газа и срок службы) представлены в табл. 2.

Для начала рассчитаем примерные убытки от использования старого оборудования (ПТПГ-30). КПД данного оборудования составляет примерно 82 % (потери составляют примерно 18 %). В год потребляется примерно 2,6 млн кубометров, что со-

Таблица 1

Сравнительная характеристика газового оборудования «ИСТОК-60» и ПТПГ-30

Наименование параметра	«ИСТОК-60»	ПТПГ-30
Производительность по подогреваемому газу, нм ³ /ч	(10000...60000)	(7500...30000)
Номинальная тепловая мощность, кВт	800	600
Рабочее давление газа в трубном пучке, МПа	10	10
Расход топливного газа, не более, нм ³ /ч	90	110
Давление топливного газа перед теплогенератором, кПа	2...10	1...7
Коэффициент полезного действия %, не менее	95	82
Объем промежуточного теплоносителя, м ³	3	7
Масса подогревателя без промежуточного теплоносителя, не более, кг	4200	10600
Срок службы	50 лет	30 лет

Таблица 2

Основные показатели старого (ПТПГ-30) и нового («ИСТОК-60») оборудования

Оборудование	ПТПГ-30	«ИСТОК-60»
Стоимость	20 млн рублей	20 млн рублей
КПД	82 %	95 %
Расход газа, нм ³ /ч	От 22 до 110	От 40 до 90
Срок службы	30 лет	50 лет

Таблица 3

Сравнительный обзор потерь при использовании старого и нового оборудования по данным расхода газа за 2022 год

Сравнительная оценка за 2022 год		
КПД оборудования	82 %	95 %
Потери природного газа в год	600 тыс. кубометров	100 тыс. кубометров
Потери в денежном эквиваленте в год	2,8 млн рублей	470 тыс. рублей

ставляет около 75 % от общей подачи газа (учитывая КПД). Отсюда следует, что еще около 600 тыс. кубометров газа расходуется в виде потерь (общее количество подаваемого газа составляет примерно 3,1 млн кубометров). Выразим эти потери в денежном эквиваленте. Стоимость одного кубометра газа равна примерно 4,7 руб., следовательно, потери в денежном эквиваленте составляют порядка 2,8 млн руб. ежегодно.

При замене оборудования на новое (и, соответственно, увеличении КПД до 95 %) потери природного газа в год составят примерно 100 тыс. кубометров (данные на 2022 год), что на 500 тыс. кубометров меньше, чем при эксплуатации старого оборудования. В денежном эквиваленте это сохранение порядка 2,3 млн руб. в год.

Прогнозируемое потребление природного газа в Республике Татарстан к 2030 году приблизится к отметке в 3 млн кубометров в год. При использовании старого оборудования такое повышение потребления привело бы к еще большему увеличению потерь. Так, только за один год, например, 2030 год, мы получим следующие данные:

— потери природного газа составят примерно 700 тыс. кубометров (учитывая КПД оборудования, равный 82 %);

— потери в денежном эквиваленте составят примерно 3,2 млн руб. (из расчета примерно 4,7 руб. за кубометр природного газа).

Данные цифры приводятся только для одного региона — Республики Татарстан.

Выводы и заключение. В связи с тем, что главной задачей ООО «Газпром трансгаз Казань» является распределение и доведение природного газа до конечного потребителя, важнейшее значение имеет значение КПД газового оборудования, используемого на ГРС. Поэтому предложенная замена старого оборудования (ПТПГ-30) на новое («ИСТОК-60») позволит значительно уменьшить финансовые потери.

Краткий сравнительный обзор потерь при замене оборудования на 2022 год представлен в табл. 3.

Кроме того, значительно повысится срок эксплуатации оборудования (на 20 лет), что позволит еще длительное время не прибегать к его замене. Также новое оборудование (БПГ «ИСТОК-60») работает на основе пульсирующего горения, что позволяет сократить массогабаритные характеристики теплогенератора, что, в свою очередь, способствует уменьшению габаритов подогревателя газа. Помимо этого, такие теплогенераторы не уязвимы для сильных порывов ветра, из-за которых нередко останавливается работа обычных котлов.

Также следует отметить, что предлагаемый вариант оборудования реализует в себе один из методов

БП. Принцип работы подогревателя в данном случае соотносится с принципом реализации метода SMED («быстрая переналадка оборудования»), а отличие состоит лишь в автоматизации (рис. 5).

Итак, в случае замены оборудования при практически одинаковом выходе продукта (подогретый газ) и приблизительно одинаковой стоимости оборудования (20 млн руб.) имеется значительный экономический эффект, полученный вследствие уменьшения финансовых потерь практически в шесть раз.

Поэтому, на наш взгляд, решение о замене оборудования на новое (с учетом всех обозначенных преимуществ) является обоснованным и экономически целесообразным управленческим решением. Учитывая дополнительные факторы: отечественное производство, не связанное с зарубежными поставками комплектующих, невысокую сложность работ по замене оборудования, данное мероприятие однозначно будет способствовать повышению экономической эффективности работ ООО «Газпром трансгаз Казань» при эксплуатации подогревателей газа на ГРС.

Библиографический список

- Борисова В. В., Кузнецова Д. Ю. Современное состояние и направления развития газовой промышленности РФ // Национальная ассоциация ученых. 2021. № 66-3 (66). С. 43–46. DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2021.3.66.413. EDN: AYWJFA.
- ООО «Газпром трансгаз Казань». URL: <https://kazan-tr.gazprom.ru/> (дата обращения: 12.03.2023).
- Галикеев А. Р., Китаев С. В., Гадельшина А. Р. Повышение роли газораспределительных станций при реализации ресурсосберегающих технологий в магистральном транспорте газа // Территория Нефтегаз. 2015. № 9. С. 28–32.
- Бакшеев С. Л. Теоретические аспекты бережливого производства // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2019. № 10. С. 227–230. DOI: 10.23672/SAE.2019.10.39013. EDN: ZKWXEC.
- Лепешкина Е. А. Бережливое производство как метод сокращения потерь // Наука, техника и образование. 2020. № 6 (170). С. 71–73. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/berezhlivoe-proizvodstvo-kak-metod-sokrascheniya-poter> (дата обращения 24.04.2023).
- Коновалова В. А., Бык В. Ф. Использование методов «бережливое производство» в производственных организациях // Electronic library of Belarusin Trade and Economics University of Consumer Cooperatives. 2016. С. 38–40. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/145190056.pdf> (дата обращения: 27.04.2023).
- Исаченко А. С., Журавлев Д. А. Сокращение времени переналадки в цехах изготовления оснастки для заготовительно-штамповочного производства // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. № 10 (141). С. 21–27. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-10-20-28. EDN: YMZRRB.

8. Подогреватели топливного и пускового газа типа ПТПГ-30М, ГПМ-ПТПГ-30М-02. URL: <https://www.gazprommash.ru/production/catalog/ptpg/ptpg-30/> (дата обращения: 10.04.2023).

9. ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия. Введ. 2015-07-01. Москва: Стандартинформ, 2019. 13 с.

10. Журавлев А. Быстрая переналадка как метод бережливого производства // Лин-технологии: Бережливое производство. 2020. № 6. URL: <https://panor.ru/articles/bystraya-perenalaadka-kak-metod-berezhlivogo-proizvodstva/57629.html> # (дата обращения: 15.04.2023).

11. Таймаров М. А., Шарипов М. Р. Котел пульсирующего горения природных и пиролизных газов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. С. 133–135. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kotyol-pulsiruyuscheego-goreniya-prirodnyh-i-piroлизnyh-gazov> (дата обращения: 03.05.2023).

12. Блок подогрева газа БПГ «ИСТОК-60»: технические характеристики. URL: <https://www.agrs.ru/products/gas/blok-podogreva-gaza-bpg-istok-60> (дата обращения: 08.04.2023).

13. Подогреватели газа ПТПГ-30: технические характеристики. URL: <http://specmarket.ru/specifications/4705/spec.pdf> (дата обращения: 08.04.2023).

ШАЛЬНЕВ Максим Олегович, магистрант кафедры аналитической химии, сертификации и менеджмента качества Казанского национального исследовательского технологического университета (КНИТУ), г. Казань.

UDC 66-935
DOI: 10.25206/1813-8225-2023-188-53-59
EDN: XRDXFE

ORCID: 0009-0000-3389-4221

Адрес для переписки: maks228sh@gmail.com

ДЕНИСОВА Яна Владимировна, кандидат экономических наук, доцент кафедры аналитической химии, сертификации и менеджмента качества КНИТУ, г. Казань.

SPIN-код: 3706-5320

AuthorID (РИНЦ): 973897

ORCID: 0000-0003-1242-6909

Адрес для переписки: yana-denisova@inbox.ru

БАТТАЛОВ Андрей Файмович, старший преподаватель кафедры систем автоматизации и управления технологическими процессами Института управления, автоматизации и информационных технологий КНИТУ, г. Казань.

ORCID: 0000-0002-2890-666X

Адрес для переписки: abattalov954@gmail.com

Для цитирования

Шальнев М. О., Денисова Я. В., Батталов А. Ф. Повышение экономической эффективности работы ООО «Газпром трансгаз Казань» при эксплуатации подогревателей газа на газораспределительной станции // Омский научный вестник. 2023. № 4 (188). С. 53–59. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-188-53-59.

Статья поступила в редакцию 26.05.2023 г.

© М. О. Шальнев, Я. В. Денисова,
А. Ф. Батталов

M. O. SHALNEV
YA. V. DENISOVA
A. F. BATTALOV

Kazan National Research
Technological University,
Kazan, Russia

INCREASING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF THE WORK OF GAZPROM TRANSGAZ KAZAN LLC WHEN OPERATING GAS HEATERS AT GAS DISTRIBUTION STATIONS USING A POWER SUPPLY UNIT

This article discusses one of the ways to increase the economic efficiency of the Gazprom Transgaz Kazan Limited Liability Company (Gazprom Transgaz Kazan LLC) in the operation of gas heaters at a gas distribution station by replacing the gas heating unit. The advantages of the equipment «ISTOK-60» over PTPG-30 are described, the calculation of the economic effect from the introduction of new equipment is given. The object of the study is the process of operating gas heaters at the gas distribution station of OOO Gazprom Transgaz Kazan, the subject is a method for increasing the economic efficiency of gas heaters.

As a result of the study, the expediency of replacing old equipment with new one is proved and the economic effect is calculated. The article also raises questions about the possibility of using the concept of «Lean production» in the process of

gas distribution. One of the methods of lean manufacturing — SMED is proposed as the main one.

Keywords: gas distribution station, gas heating unit, pulsating combustion, lean production, losses, economic effect.

References

1. Borisova V. V., Kuznetsova D. Yu. Sovremennoye sostoyaniye i napravleniya razvitiya gazovoy promyshlennosti RF [Current state and directions of development of the gas industry of the Russian Federation] // Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh. *National Association of Scientists*. No. 66-3 (66). P. 43–46. DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2021.3.66.413. EDN: AYWJFA. (In Russ.).
2. OOO «Gazprom transgaz Kazan» [Gazprom Transgaz Kazan LLC]. URL: <https://kazan-tr.gazprom.ru/> (accessed: 12.03.2023). (In Russ.).
3. Galikeyev A. R., Kitayev S. V., Gadel'shina A. R. Povysheniye roli gazoraspredelitel'nykh stantsiy pri realizatsii resursosberegayushchikh tekhnologiy v magistral'nom transporte gaza [Enhancing the role of gas distribution plants in the implementation of energy-saving technologies in the gas main pipelines] // Territoriya Neftegaz. *Neftegaz Territory*. 2015. No. 9. P. 28–32. (In Russ.).
4. Baksheyev S. L. Teoreticheskiye aspekty berezhlivogo proizvodstva [Theoretical aspects of lean production] // Gumanitarnyye, sotsial'no-ekonomicheskiye i obshchestvennye nauki. *Humanitarian, Socio-economic and Social Sciences*. 2019. No. 10. P. 227–230. DOI: 10.23672/SAE.2019.10.39013. EDN: ZKWXEC. (In Russ.).
5. Lepeshkina E. A. Berezhlivoye proizvodstvo kak metod sokrashcheniya poter' [Lean production as a method of reducing loss] // Nauka, tekhnika i obrazovaniye. *Science, Technology and Education*. 2020. P. 71–73. DOI: 10.23672/SAE.2019.10.39013. EDN: ZKWXEC. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/berezhlivoe-proizvodstvo-kak-metod-sokrashcheniya-poter> (accessed: 24.04.2023). (In Russ.).
6. Konovalova V. A., Byk V. F. Ispol'zovaniye metodov «berezhlivoye proizvodstvo» v proizvodstvennykh organizatsiyakh [The use of «lean production» methods in industrial organizations] // Electronic library of Belarusian Trade and Economics University of Consumer Cooperatives. 2016. P. 38–40. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/145190056.pdf> (accessed: 27.04.2023). (In Russ.).
7. Isachenko A. S., Zhuravlev D. A. Sokrashcheniye vremeni perenaladki v tsekakh izgotovleniya osnastki dlya zagotovitel'no-shtampovochnogo proizvodstva [Reduction of changeover time of blanking and die forging tooling in manufacturing workshops] // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2018. No. 10 (141). P. 21–27. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-10-20-28. EDN: YMZRRB. (In Russ.).
8. Podogrevateli toplivnogo i puskovogo gaza tipa PTPG-30M, GPM-PTPG-30M-02 [Heaters of fuel and starting gas type PTPG-30M, GPM-PTPG-30M-02]. URL: <https://www.gazprommash.ru/production/catalog/ptpg/ptpg-30/> (accessed: 10.04.2023). (In Russ.).
9. GOST 5542-2014. Gazy goryuchiye prirodnyye promyshlennogo i kommunal'no-bytovogo naznacheniya. Tekhnicheskiye usloviya [Natural fuel gases for commercial and domestic use. Specifications]. Moscow, 2019. 13 p. (In Russ.).
10. Zhuravlev A. Bystraya perenaladka kak metod berezhlivogo proizvodstva // Lin-tehnologii: Berezhlivoye proizvodstvo [Quick changeover as a method of lean production] // Lin-tehnologii: Berezhlivoye proizvodstvo. *Lean Technologies: Lean Production*. 2020. No. 6. URL: <https://panor.ru/articles/bystraya-perenaladka-kak-metod-berezhlivogo-proizvodstva/57629.html#> (accessed: 15.04.2023). (In Russ.).
11. Taymarov M. A., Sharipov M. R. Kotel pul'siruyushchego gorenija prirodnykh i piroliznykh gazov [Boiler of pulsating combustion of natural and pyrolysis gases] // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. *Bulletin of the Kazan Technological University*. 2013. P. 133–135. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kotyol-pulsiruyuschego-gorenija-prirodnyh-i-piroliznyh-gazov> (accessed: 05.03.2023). (In Russ.).
12. Blok podogreva gaza BPG «ISTOK-60»: tekhnicheskiye kharakteristiki [BPG «ISTOK-60» gas heating unit: technical specifications]. URL: <https://www.agrs.ru/products/gas/blok-podogreva-gaza-bpg-istok-60> (accessed: 08.04.2023). (In Russ.).
13. Podogrevateli gaza PTPG-30: tekhnicheskiye kharakteristiki [Gas heaters PTPG-30: technical specifications]. URL: <http://specmarket.ru/specifications/4705/spec.pdf> (accessed: 08.04.2023). (In Russ.).

SHALNEV Maksim Olegovich, Undergraduate of Analytical Chemistry, Certification and Quality Management Department, Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan.

ORCID: 0009-0000-3389-4221

Correspondence address: maks228sh@gmail.com

DENISOVA Yana Vladimirovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Analytical Chemistry, Certification and Quality Management Department, KNRTU, Kazan.

SPIN-code: 3706-5320

AuthorID (RSCI): 973897

ORCID: 0000-0003-1242-6909

Correspondence address: yana-denisova@inbox.ru

BATTALOV Andrey Faimovich, Senior Lecturer of Systems Automation and Process Control Systems Department of the Institute of Management, Automation and Information Technologies, KNRTU, Kazan.

ORCID: 0000-0002-2890-666X

Correspondence address: abattalov954@gmail.com

For citations

Shalnev M. O., Denisova Ya. V., Battalov A. F. Increasing the economic efficiency of the work of Gazprom Transgaz Kazan LLC when operating gas heaters at gas distribution stations using a power supply unit // Omsk Scientific Bulletin. 2023. No. 4 (188). P. 53–59. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-188-53-59.

Received May 26, 2023.

© M. O. Shalnev, Ya. V. Denisova, A. F. Battalov