

В. М. ОВЧИННИКОВ, профессор; А. М. МЫСЛИК, ассистент; И. С. ЕВДАСЕВ, ст. преподаватель; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; М. А. ПАВЛОВ, заместитель начальника службы технической политики и инвестиций Белорусской железной дороги

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Приведены анализ энергетического обследования и основные направления снижения расхода энергии на предприятиях Белорусской железной дороги. Предложена методика технико-экономического обоснования внедрения частотно-регулируемых приводов на тягодутьевых машинах котельных. Приведена схема модернизированной энергосберегающей моечной машины.

Снижение топливно-энергетической составляющей в себестоимости продукции, работ и услуг для всех отраслей народного хозяйства, бесспорно, является необходимым. Государственная политика в этом вопросе направлена на реальные энергосберегающие проекты. За последние годы были вложены значительные финансовые средства в энергосберегающее оборудование зарубежного производства. Во многих случаях ожидаемая экономия энергетических ресурсов фактически оказалась значительно меньшей. Это можно объяснить отставанием законодательной и научно-исследовательской базы в вопросах рационального использования энергетических ресурсов. В результате внедряется высокотехнологичное оборудование на предприятиях без учета реальной ситуации технологического процесса, а лишь на основании процентов экономии, представляемых поставщиками оборудования (естественно, в рекламных целях).

Одним из наиболее ярких примеров внедрения нового оборудования без учета реальной ситуации являются частотно-регулируемые приводы вентиляторов, насосов, компрессоров. В литературе [1] приводятся данные, что не каждый проект внедрения частотно-регулируемого привода насосов приводит к уменьшению потребления электроэнергии и экономически целесообразен.

Сотрудниками НИЦ экобезопасности и энергосбережения на транспорте (НИЦ Э и ЭТ) БелГУТа разработана методика технико-экономического обоснования внедрения частотно-регулируемых приводов на тягодутьевых машинах (дымососах и дутьевых вентиляторах) котельных. Целью разработки методики являлась возможность оценки экономии электроэнергии в реальных условиях работы приводов дымососов и дутьевых вентиляторов, а также возможность проверки эффекта при внедрении частотно-регулируемого привода инструментальными замерами.

Опыт энергетических обследований на предприятиях Белорусской железной дороги показал, что во многих случаях регулирование производи-

тельности дымососов и дутьевых вентиляторов может производиться направляющим устройством. Данное устройство не только уменьшает давление на входе в тягодутьевую машину, как и обычный дроссель (заслонка), но и изменяет угол удара воздушного потока о рабочее колесо, закручивая поток по направлению вращения колеса, что приводит к уменьшению энергетических потерь. Энергетические характеристики наиболее широко применяемых способов регулирования производительности дымососов показаны на рисунках 1 и 2.

Анализируя приведенные зависимости, можно сделать следующие выводы: внедрение частотно-регулируемого привода не дает экономии электроэнергии по отношению к регулированию направляющим устройством в диапазоне примерно от 85 до 100 % производительности; потери при регулировании направляющим устройством меньше по сравнению с дроссельным регулированием, а значит, энергетический эффект при внедрении частотно-регулируемого привода ниже; наибольшие потери – при дроссельном регулировании, а при регулировании направляющим устройством – в диапазоне от 35 до 70 % максимальной производительности тягодутьевой машины.

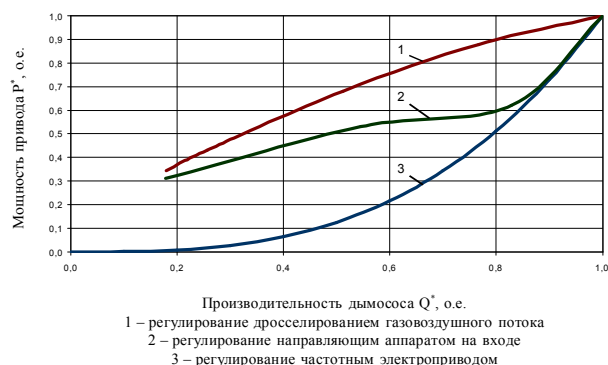


Рисунок 1 – Зависимости потребляемой мощности от производительности дымососа при различных способах регулирования (для дымососа ДН-12,5)

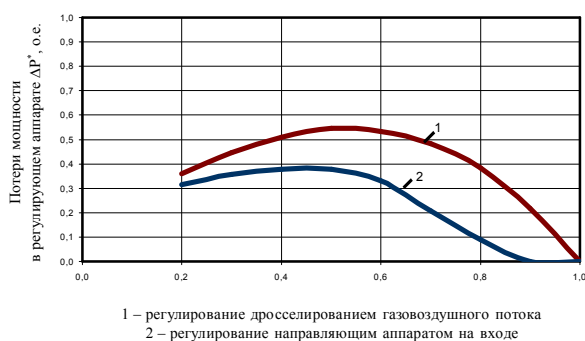


Рисунок 2 – Зависимости потерь потребляемой мощности в регулирующем устройстве от производительности дымососа при различных способах регулирования (для дымососа ДН-12,5)

При энергетическом обследовании предприятий необходимы инструментальные замеры мощности привода и производительности тягодутьевой машины. Существующие широко применяемые способы измерения объема уходящих газов дифференциальным манометром во многих случаях оказались технически невозможными из-за отсутствия в газовом тракте участков достаточной длины для выравнивания газовоздушного потока.

Объем уходящих газов можно определить по результатам измерения коэффициента избытка воздуха следующим образом.

Действительный объем продуктов сгорания для твердого и жидкого топлива, $\text{м}^3/\text{кг}$, определяется по формуле [2]

$$V_{\Gamma} = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + (\alpha - 1)V^0 + V_{H_2O}^0 + 0,0161(\alpha - 1)V^0, \quad (1)$$

где V_{RO_2} – объем трехатомных газов в продуктах сгорания, $\text{м}^3/\text{кг}$ топлива; $V_{N_2}^0$ – теоретический объем азота в продуктах сгорания, $\text{м}^3/\text{кг}$ топлива; V^0 – теоретический объем воздуха, необходимого для полного сжигания топлива, $\text{м}^3/\text{кг}$ топлива; $V_{H_2O}^0$ – теоретический объем водяных паров, $\text{м}^3/\text{кг}$ топлива; α – коэффициент избытка воздуха.

Действительный объем продуктов сгорания, приведенный к реальным условиям в газоходе, для твердого и жидкого топлива, $\text{м}^3/\text{кг}$, определяется по формуле

$$V_{\Gamma}^p = V_{\Gamma} \frac{273 + t}{273}, \quad (2)$$

где t – температура в сечении тягодутьевой машины газохода, $^{\circ}\text{C}$.

Производительность дымососа или дутьевого вентилятора, равная расходу дымовых газов или воздуха, определяется по формуле

$$Q = V_{\Gamma} b / 3600, \quad (3)$$

где b – среднечасовой расход топлива, зависящий от нагрузки котлоагрегата, $\text{кг}/\text{ч}$.

Предлагаемая методика проходит апробацию.

После согласования в Государственном комитете по энергосбережению научные новшества, заложенные в алгоритме и способах реализации, позволяют предположить ее дальнейшее широкое внедрение. Сотрудниками НИЦ ЭиЭТ БелГУТа активно проводится практическая работа по энергетическому обследованию предприятий Белорусской железной дороги. Сектор энергетического аудита НИЦ экобезопасности и энергосбережения на транспорте БелГУТа укомплектован инженерами-электриками, теплоэнергетиками, энергоснабженцами и технологами, имеет необходимую приборную базу, аттестат аккредитации на техническую компетентность и независимость, лицензию на проведение энергетического обследования.

Анализ результатов проведенной работы позволил выявить следующие основные направления снижения расхода тепловой энергии:

1 Перевод парового отопления на водяное. Экономия тепловой энергии при внедрении данного мероприятия достигается: путем устранения перетопов внутри отапливаемых помещений; за счет уменьшения потерь тепловой энергии в окружающую среду наружными тепловыми сетями; снижения потерь с пролетным паром и паром вторичного вскипания при открытой схеме системы сбора и возврата конденсата. Экономия тепловой энергии при этом может достигать 15 %.

2 Снижение температуры внутри отапливаемых помещений в нерабочее время. При покупке тепловой энергии со стороны данное мероприятие можно осуществить путем внедрения автоматического регулятора температуры (типа Рацион ПК), который обеспечит снижение температуры внутри отапливаемых помещений до $3-7^{\circ}\text{C}$ в нерабочее время и поднимет ее до нормативных величин к началу работы. При условии наличия собственной котельной мероприятие можно осуществить внедрением отопительного графика температур, который будет учитывать снижение температуры теплоносителя в нерабочий период.

3 При проведении обследования наружных ограждений строительных конструкций (производственных, административных и бытовых зданий) предлагаются эффективные, но наиболее дешевые пути снижения расходов тепловой энергии на отопление, по сравнению с тепловой модернизацией зданий термшубой. Например, замена одинарного остекления на двойное позволит сэкономить тепло на отопление примерно в 2 раза за счет увеличения сопротивления теплопередаче оконных проемов.

4 Отсутствие автоматических регуляторов расхода греющего теплоносителя на бойлерах горячего водоснабжения приводит к бесконтрольному, в основном завышенному, расходу греющего пара, что влечет за собой перегрев воды в сети до $80-$

90 °С. Данный недостаток можно устранить путем установки приборов автоматики. Внедрение автоматических регуляторов расхода на бойлеры горячего водоснабжения позволит снизить температуру в системе до нормативных величин 60 – 65 °С. Экономия тепловой энергии достигается за счет снижения потерь тепла в окружающую среду наружными поверхностями бойлерных установок и трубопроводами сети горячего водоснабжения.

Например, в котельной Витебского локомотивного депо температура нагретой воды на выходе из бойлера по фактическим замерам составляет 90 °С. Величина потерь тепла через теплоизоляцию трубопроводов при данной температуре $Q_{\text{ф}} = 42,31$ Гкал/год.

При установке автоматического регулятора и снижении температуры до нормативных величин потери тепла $Q_{\text{НОРМ}} = 30,24$ Гкал/год.

Экономия тепловой энергии от внедрения мероприятия, Гкал,

$$\Delta Q = Q_{\text{ф}} - Q_{\text{НОРМ}} = 42,31 - 30,24 = 12,07 \text{ Гкал.}$$

Срок окупаемости данного мероприятия составит 1,73 года.

5 Установка автоматических конденсатоотводчиков на технологическое оборудование: гладильные машины вагонных участков, машины химической чистки КХ-014, теплообменное оборудование (бойлеры горячего водоснабжения и сетевые подогреватели), сушильные установки – приведет к снижению потерь тепла с пролетным паром на 2 – 5 %.

Например, массовая доля пролетного пара, %, в пароконденсатной смеси, возвращенной с гладильных машин Гомельского пассажирского участка,

$$q_{\text{ПП}} = \frac{h_{\text{ПК}} - h_{\text{К}}}{r} \cdot 100 = \frac{115 - 101,8}{639,8} \cdot 100 = 2,06,$$

где $h_{\text{ПК}}$, $h_{\text{К}}$ – энтальпии соответственно пароконденсатной смеси и насыщения воды при давлении в конденсатопроводе, ккал/кг; r – скрытая теплота парообразования при давлении в конденсатопроводе, ккал/кг.

6 При открытой схеме системы сбора и возврата конденсата имеют место потери тепла в атмосферу с паром вторичного вскипания. Данные потери обусловлены разностью давлений насыщения в конденсатопроводе и конденсатном баке. Устранение потерь возможно установкой на конденсатном баке охладителя выпара. Охлаждающим теплоносителем можно принять холодную воду, идущую на теплообменное оборудование системы горячего водоснабжения.

Помимо стандартных мероприятий по эконо-

мии тепловой энергии сотрудники НИЦ ЭиЭТ предлагают разработку нового менее энергоемкого и более мобильного оборудования, в частности, гладильных и моечных машин.

В настоящее время на вагонных участках эксплуатируются барабанные гладильные машины. В качестве греющего теплоносителя используется пар с температурой 150-170 °С, во многих случаях данной температуры недостаточно для полного высушивания белья. Несоблюдение режимов приводит к необходимости повторения цикла глажения, что приводит к увеличению времени сушки, а следовательно, завышению удельных расходов тепла. Для повышения мобильности и снижения удельных расходов тепловой энергии можно разработать опытный образец гладильной машины, использующей в качестве источника тепла инфракрасные горелки на газообразном топливе. Горелки встраиваются в гладильный барабан, обвязанный газоходами, системой рециркуляции, утилизации тепла отработавших газов, автоматики безопасности и регулирования процессов горения.

Значительную долю (35 – 55 %) в тепловом балансе ремонтных предприятий занимает мойка деталей и оборудования. Наиболее широко применяемый в вагонных и локомотивных депо Белорусской железной дороги способ очистки деталей от грязи, коррозии и нагара – это мойка в щелочном растворе.

Эксплуатируемые моечные машины обладают низкой эффективностью использования тепловой энергии вследствие следующих недостатков:

- необходимость в разогреве моющего раствора в полном его количестве, что нерационально при малых объемах работ (например, объемы раствора моечной машины тележек вагонов достигают 25 м³);
- отсутствие автоматических регуляторов расхода греющего теплоносителя;
- отсутствие автоматических конденсатоотводчиков, что приводит к попаданию пролетного пара в конденсатопровод и завышенному расходу тепловой энергии;
- применение барботажного способа подогрева в очистных сооружениях ухудшает процесс очистки моющего раствора, а следовательно, качество мойки;
- не производится утилизация тепловой энергии отработавшего раствора, поступающего на очистные сооружения после мойки;
- необходимость поддержания в горячем резерве очистных сооружений в нерабочее время в холодный период года.

Снижение расхода тепловой энергии на мойку и

очистку деталей и узлов возможно путем модернизации моечных машин. Например, подогрев раствора моечной машины тележек можно осуществить ступенчато: на первой ступени – подогрев до температуры 35 – 40 °С путем утилизации тепла отработанного раствора в теплообменном блоке, на второй ступени – подогрев моющего раствора паром до температуры 80 – 90 °С в кожухотрубном теплообменнике с автоматическим регулято-

ром расхода пара и конденсатоотводчиком. При небольших объемах очистных емкостей нужно рассмотреть вопрос их переноса в помещение, что исключит необходимость постоянного подогрева в холодный период года.

Схема модернизированной моечной машины тележек вагонов Брестского вагонного депо представлена на рисунке 3.

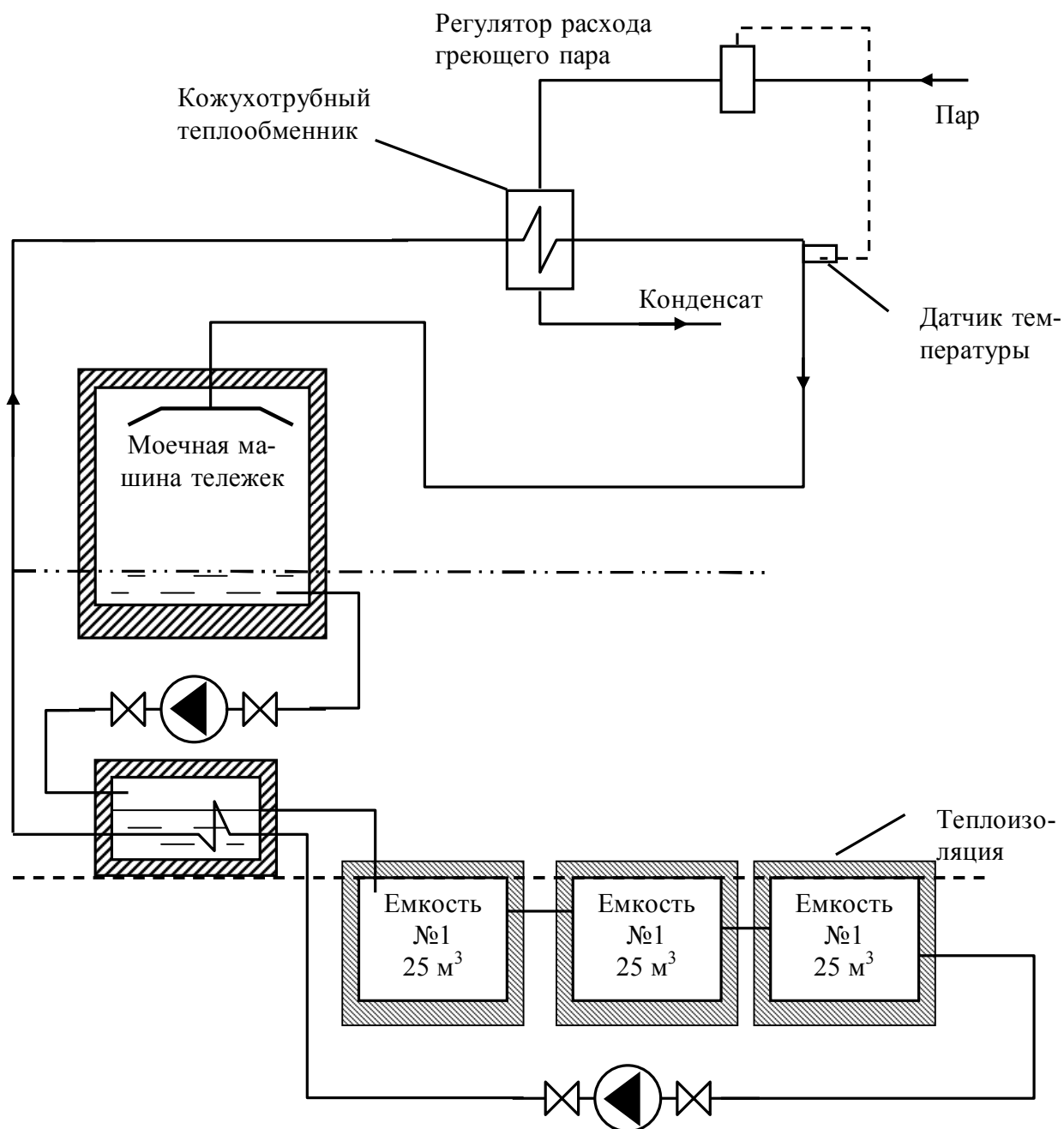


Рисунок 3 – Схема модернизированной моечной машины тележек

Экономия тепловой энергии достигается путем утилизации отработанного раствора, снижения потерь тепла в окружающую среду в моечной машине и очистных сооружениях. При данной схеме также отпадает необходимость в разогреве и поддержании в горячем резерве питательной емкости ($V = 25 \text{ м}^3$).

Годовой расход тепла на разогрев моющего раствора $Q = 591 \text{ Гкал/год}$.

Годовой расход моющего раствора в моечной машине D_p , т/год, может быть определен по формуле

$$D_p = Q \cdot 10^{-3} / [(t'' - t') c_p],$$

где Q – годовой расход тепла на разогрев моющего раствора, Гкал/год; t'' , t' – конечная и начальная температуры раствора, °С; c_p – теплоемкость раствора, ккал/(кг·°С).

$$D_p = 1798,6 \cdot 10^3 / [(80 - 20) \cdot 1] = 29\,976,67 \text{ т/год.}$$

При внедрении данного мероприятия годовой расход тепловой энергии моечной машиной, Гкал/год,

$$Q' = D_p \cdot (t'' - t') \cdot c_p \cdot 10^{-3} = 29\,976,67 \cdot (90 - 35) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1648,72 \text{ Гкал/год.}$$

Экономия тепловой энергии от внедрения мероприятия, Гкал,

$$\Delta Q = Q - Q' = 1798,6 - 1648,72 = 149,88 \text{ Гкал.}$$

Срок окупаемости мероприятия оценивается в 2,19 года.

Снижение расхода тепловой энергии на мойку возможно также применением низкотемпературных моющих растворов.

Список литературы

1 Русан В. И., Клебанов Е. А. Технические аспекты и методы оценки экономической целесообразности использования преобразователей частоты в составе насосных агрегатов// Энергия и менеджмент. 2001. № 3. С.7–9.

Получено 29.10.2001

V. M. Ovchinnikov, A. M. Myslik, I. S. Yevdasiov, M. A. Pavlov. Saving of energy at the enterprises of Belorussian Railway.

It is shown the analysis of energy investigation and the main trend of the power expenditure diminution on the Belorussian railway enterprises. It is necessary to note the method of technical economic basis introduced the driving gears and regulated the frequency on the draught-flowing machines of boiler-rooms. It is proposed the schema of up-to-date economy of energy of the washing machine.

2 Роддатис К. Ф. Котельные установки: Учеб. пособие для студентов неэнергетических специальностей вузов. – М.: Энергия, 1977. – 432 с.

3 Инструкция по расчету экономической эффективности применения частотно-регулируемого электропривода. – М.: Минтопэнерго РФ, 1997. – 11 с.

4 Энергетическое обследование Брестского вагонного участка Белорусской железной дороги: Отчет по НИР/ Белорусский государственный университет транспорта; Рук. темы – В. М. Овчинников. – Гомель, 2000. – 56 с.

5 Энергетическое обследование локомотивного депо Калининкови: Отчет по НИР/ Белорусский государственный университет транспорта; Рук. темы – В. М. Овчинников. – Гомель, 2000. – 55 с.

6 Исследование потребления топливно-энергетических ресурсов и разработка мероприятий по энергосбережению на предприятиях вагонного хозяйства Белорусской железной дороги: Отчет по НИР/ Белорусский государственный университет транспорта; Рук. темы – В. М. Овчинников. – Гомель, 2001. – 66 с.

7 Энергетическое обследование Брестского вагонного депо: Отчет по НИР/ Белорусский государственный университет транспорта; Рук. темы – В. М. Овчинников. – Гомель, 2001. – 86 с.

8 Энергетическое обследование вагонного депо Барановичи: Отчет по НИР/ Белорусский государственный университет транспорта; Рук. темы – В. М. Овчинников. – Гомель, 2001. – 89 с.

9 Энергетическое обследование локомотивного депо Витебск: Отчет по НИР/ Белорусский государственный университет транспорта; Рук. темы – В. М. Овчинников. – Гомель, 2001. – 82 с.