

УДК 621.311.22:621.182

МЕТОДИКА НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ТЕПЛА В СТАЦИОНАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

А.Ю. Финиченко

Омский государственный университет путей сообщения

E-mail: Finichenko@mail.ru

Рассмотрен вопрос нормирования тепловой энергии в стационарной теплоэнергетике железнодорожного транспорта (ж.-д. транспорт), задачей которого является разработка норм расхода тепловой энергии на отдельные технологические операции и производственные процессы. Определена математическая модель определения расхода тепла в прачечных, дезинфекционных камерах и на химчистку рабочей одежды в структурных подразделениях ОАО «Российские железные дороги», которая призвана помочь работникам ответственным за энергохозяйство линейных железнодорожных предприятий, в определении нормативных расходов тепловой энергии на данные технологические операции.

Ключевые слова:

Тепловая энергия, прачечная, дезинфекционная камера, химчистка, энергоресурсы.

Key words:

Thermal energy, laundry, the disinfection chamber, dry-cleaner, power resources.

Большая доля производственного расхода тепла отпускается на специализированные прачечные вагонных депо, обслуживающие пассажирские поезда. Эти затраты тепла следует относить не к коммунально-бытовому потреблению, а к производственному, так как ритмичность подготовки пассажирских поездов во многом определяется и отлаженностью работы прачечной. Энергообследование структурных подразделений (СП) ж.-д. транспорта показало, что оборудование прачечных физически изношено, тепловые схемы использования тепла несовершенны, удельные расходы тепла на обработку единицы белья не определены, отсутствуют паспортные характеристики оборудования и сведения о нормативном потреблении тепла.

Для нормирования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в СП ж.-д. транспорта используют методики, разработанные ВНИИЖТ МПС РФ и утвержденные различными департаментами и заместителями Министра путей сообщения Российской Федерации в период 2000–2007 гг. Данные методики созданы, в соответствии с основополагающими документами в области энергетической политики, таких как: Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...»; «Энергетическая стратегия ОАО «РЖД» на период до 2010 г. и на перспективу до 2030 г.»; стандарт ОАО «РЖД», «Политика управления топливно-энергетическими ресурсами»; «Организационно-функциональная схема структуры управления планированием и потреблением топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в холдинговой компании РЖД», которые служат основными ориентирами для осуществления эффективной стратегии энерго- и ресурсосбережения в стационарной теплоэнергетике ж.-д. транспорта.

Проведенный анализ методик нормирования ТЭР на железной дороге позволяет сделать вывод, что при определении расхода тепла на технологические нужды на некоторые технологические операции не существует официально утвержденных

методик определения расхода тепловой энергии в нормативных документах ОАО «РЖД». А именно таких, как определение расхода тепловой энергии на прачечные, дезинфекционную камеру и на химчистку рабочей одежды в СП ОАО «РЖД».

Для создания условий функционирования системы рационального использования тепловой энергии в СП ОАО «РЖД» предлагается разработать методику определения норм расхода энергоресурсов в прачечных, дезинфекционных камерах и на химчистку рабочей одежды.

Нормирование расхода тепловой энергии при работе прачечных

Прачечная является достаточно крупным потребителем пара, в которой выполняются операции по стирке постельного белья в стиральных машинах, сушке в сушильных барабанах, глажению на однокатковых и многокатковых каландрах.

Для обеспечения программы обработки постельного белья в прачечной развит парк агрегатов по стирке, сушке и глажению белья. Таким образом, расход теплоты пара будет складываться из расхода на стирку (нагрев воды в машинах за счет тепла пара) и сушку белья (удаление влаги от 55 % после отжима на центрифужном устройстве стиральной машины до остаточных 15 % влажности), расхода тепла при глажении белья (удаление остаточной влаги после сушки).

Общие затраты тепла на обработку постельного белья, ГДж:

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{с.б}} + Q_{\text{гл}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{ст}}$ — расход тепловой энергии на подогрев воды в стиральных машинах; $Q_{\text{с.б}}$ — на сушку белья в сушильных барабанах; $Q_{\text{гл}}$ — на глажение белья.

Расход тепловой энергии на подогрев воды в стиральных машинах определяется по следующей формуле, ГДж:

$$Q_{\text{ст}} = h_{\text{н.п}} G_{\text{ст}} \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где $h_{н.п}$ – энтальпия пара при атмосферном давлении окружающей среды и нагрева до температуры испарения воды 100 °С белья, загружаемого в барабан [4], кДж/кг; $G_{ст}$ – расход пара на подогрев воды в стиральных машинах, т, определяемый как:

$$G_{ст} = Nq_{ст}, \quad (3)$$

где N – количество белья для стирки за рассматриваемый период, т; $q_{ст}$ – средний расход пара на один килограмм белья при стирке, кг/кг.

Количество белья для стирки принимается на основе данных предыдущих периодов, либо определяется на основе сведений о рабочем графике стиральных машин по следующей формуле, т:

$$N = n_{см} \tau_{см} T \sum_{i=1}^n p_i \cdot 10^{-3},$$

где $n_{см}$ – число смен работы стиральных машин; $\tau_{см}$ – продолжительность одной смены, ч; T – продолжительность рассматриваемого периода, дни; n – количество стиральных машин; p_i – производительность i -й стиральной машины, кг/ч.

Средний расход пара на один килограмм белья при стирке определяется по паспортным данным стиральных машин, с учетом следующего выражения (при равномерной загрузке стиральных машин), кг/кг:

$$q_{ст} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}, \quad (4)$$

где q_i – значение удельного расхода пара для i -й стиральной машины, кг/кг.

Для оценки степени использования стиральных машин используется коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{N \cdot 10^3}{24T \sum_{i=1}^n p_i}, \quad (5)$$

По табл. 1 определяется степень использования стиральных машин в прачечной, рекомендуется для наиболее экономичной работы оборудования иметь высокую степень загрузки.

Таблица 1. Зависимость степени использования стиральных машин от коэффициента загрузки

Значение коэффициента загрузки, k_3	Степень загрузки
0,7 и более	Высокая
от 0,4 до 0,7	Средняя
менее 0,4	Низкая

В процессе сушки белья в сушильных барабанах теплота расходуется на испарение влаги и превращение ее в пар при атмосферном давлении окружающей среды и на нагрев белья, загружаемого в барабан, до температуры 100 °С.

Расход тепловой энергии на сушку белья в сушильных барабанах, ГДж:

$$Q_{с.б} = \frac{Q_{и.в} + Q_{п.б}}{\eta_c}, \quad (6)$$

где $Q_{и.в}$ – количество тепла на испарение влаги; $Q_{п.б}$ – количество тепла на подогрев белья; η_c – коэффициент использования тепла при сушке, с учетом непроизводительных потерь тепла, в среднем принимается 0,75...0,95.

Количество тепла на испарение влаги рассчитывается по формуле, ГДж:

$$Q_{и.в} = N(k_1 - k_2)q_{т.п} \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

где k_1 – доля исходной влаги в белье, принимается равным 0,55; k_2 – доля остаточной влаги в белье (после сушки), принимается равным 0,15; $q_{т.п}$ – скрытая теплота парообразования при атмосферном давлении [4], кДж/кг.

Количество тепла на подогрев белья, ГДж:

$$Q_{п.б} = C_6 N(100 - t_{н.с}) \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

где C_6 – удельная теплоемкость белья (табл. 2) [5], кДж/(кг·°С); $t_{н.с}$ – начальная температура сушки белья (до подогрева), принимается равной температуре окружающей среды.

Затраты тепла на гладильных машинах связаны с нагревом белья от температуры окружающей среды до температуры 100 °С и с испарением остаточной влаги.

Расход тепловой энергии на глажение белья, ГДж:

$$Q_{гл} = \frac{Q_{гл1} + Q_{гл2}}{\eta_r}, \quad (9)$$

где $Q_{гл1}$ – затраты тепла на нагрев белья до температуры испарения влаги; $Q_{гл2}$ – затраты тепла на испарение остаточной влаги; η_r – коэффициент использования тепла при глажении белья, с учетом непроизводительных потерь тепла в среднем принимается 0,75...0,95.

Затраты тепла на нагрев белья до температуры испарения влаги, ГДж:

$$Q_{гл1} = C_6 N(100 - t_{н.г}) \cdot 10^{-3}, \quad (10)$$

где $t_{н.г}$ – начальная температура глажения белья (перед подачей в каландр), принимается равной температуре окружающей среды.

Затраты тепла на испарение остаточной влаги, ГДж:

$$Q_{гл2} = k_2 N q_{т.п} \cdot 10^{-3}. \quad (11)$$

Нормирование расхода тепловой энергии в дезинфекционной камере

В дезинфекционных камерах на железнодорожном транспорте пар используется для термической дезинфекции постельных принадлежностей (подушек, матрацев). Типовой технологический процесс при термической дезинфекции выглядит следующим образом. В начале смены, в течение 20 мин, производится выпуск пара в камеру с целью прогрева, затем в течение 30 мин происходит дезинфек-

ция тележки с подушками и матрацами с помощью пара. После этого осуществляется сушка включением вентилятора без подогрева воздуха в течение 40...50 мин. Цель дезинфекции достигается, если весь материал прогревается до температуры кипения воды при нормальных условиях (100 °С).

Количество тепла на дезинфекцию постельных принадлежностей, ГДж:

$$Q_d = \frac{C_m N (100 - t_{н.с.}) \cdot 10^{-3}}{\eta_d},$$

где C_m — удельная теплоемкость постельных принадлежностей (табл. 2), кДж/(кг·°С) [5]; N — число тонн постельных принадлежностей, обрабатываемых за нормируемый период; $t_{н.с.}$ — начальная температура дезинфекции постельных принадлежностей (до подогрева); η_d — коэффициент использования тепла при дезинфекции с учетом непроизводительных потерь тепла, в среднем принимается 0,75...0,95.

Таблица 2. Теплофизические свойства различных материалов

Материал	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)	Теплоемкость C , кДж/(кг·К)
Вата хлопковая	0,054	1,68
Вата х/б	0,046	0,84
Ткань шерстяная	0,052	1,34
Лён	0,058	1,47

Нормирование расхода тепловой энергии на химчистку рабочей одежды

Химчистка одежды — это физико-химический процесс очистки одежды или текстиля, использующий какой-либо растворитель (кроме воды). Основное назначение химической чистки: удаление грязи и пятен, которые не поддаются обычной стирке.

Затраты тепла на химчистку рабочей одежды рассчитываются по формуле, ГДж:

$$Q_x = h_{н.п} n_{см} \tau_{см} \tau_p \sum_{i=1}^n p_i q_i \cdot 10^{-6},$$

где $h_{н.п}$ — энтальпия нормального пара [4], кДж/кг; $n_{см}$ — число смен работы моечных машин; $\tau_{см}$ — продолжительность одной смены, ч; τ_p — количество рабочих дней за рассматриваемый период, дней; n — количество моечных машин; p_i — производительность i -й моечной машины, кг/ч; q_i — значение удельного расхода пара на химчистку одежды для i -й моечной машины, кг/кг.

Пример расчета нормативного расхода тепловой энергии на прачечную

Рассчитать нормативное количество тепла для обработки 2581 т постельного белья за год. Используются стиральные машины с техническими характеристиками, представленными в табл. 3.

Таблица 3. Технические характеристики стиральных машин

Марка	Количество	Производительность одной машины, кг/ч	Удельный расход пара, кг/кг
ЛО-60	5	60	0,9
«ВЕГА» В-25	3	25	0,9

1. Стирка белья

Определяется коэффициент загрузки стиральных машин по формуле (5):

$$k_3 = \frac{2581 \cdot 10^3}{24 \cdot 365 \cdot (5 \cdot 60 + 3 \cdot 25)} = 0,78.$$

По табл. 1 определяется, что степень загрузки прачечной — высокая. Вычисляется по формуле (4) средневзвешенный расход пара на один килограмм белья при стирке:

$$q_{ст} = \frac{0,9 \cdot 60 \cdot 5 + 0,9 \cdot 25 \cdot 3}{60 \cdot 5 + 25 \cdot 3} = 0,9 \text{ кг/кг.}$$

Годовой расход пара на подогрев воды в стиральных машинах рассчитывается по формуле (3):

$$G_{ст} = 2581 \cdot 0,9 = 2323 \text{ т.}$$

Годовой расход тепловой энергии на подогрев воды в стиральных машинах, определяется по формуле (2):

$$Q_{ст} = 2681,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2323 = 6229,3 \text{ ГДж.}$$

2. Сушка белья

Определяется по формуле (7) годовой расход тепла на испарение влаги при сушке белья:

$$Q_{и.в} = 2581 \cdot (0,55 - 0,15) \cdot 2260,3 \cdot 10^{-3} = 2333,6 \text{ ГДж.}$$

Вычисляется по формуле (8) годовое количество тепла на подогрев белья:

$$Q_{п.б} = 1,458 \cdot 2581 \cdot (100 - 20) \cdot 10^{-3} = 301,07 \text{ ГДж.}$$

Годовой расход тепловой энергии на сушку белья в сушильных барабанах определяется по формуле (6):

$$Q_{с.б} = \frac{(2333,6 + 301,07)}{0,75} = 3512,9 \text{ ГДж.}$$

3. Глажение белья

Годовые затраты тепла на нагрев белья до температуры испарения влаги определяется по формуле (10):

$$Q_{г.п1} = 1,458 \cdot 2581 \cdot (100 - 20) \cdot 10^{-3} = 301,07 \text{ ГДж.}$$

Рассчитывается по формуле (11) годовой расход тепла на испарение остаточной влаги:

$$Q_{г.п2} = 0,15 \cdot 2581 \cdot 2260,3 \cdot 10^{-3} = 875,08 \text{ ГДж.}$$

Расход тепловой энергии на глажение белья за год определится по формуле (9):

$$Q_{г.п} = \frac{(301,07 + 875,08)}{0,77} = 1527,5 \text{ ГДж.}$$

Общие годовые затраты тепла на обработку постельного белья определяется по формуле (1):

$$Q_{пр} = (6229,3 + 3512,9 + 1527,5) = 11269,7 \text{ ГДж.}$$

Выводы

Нормы расхода тепловой энергии выступают в качестве одного из критериев оценки совершенства технологического процесса производства, а также являются фактором, стимулирующим внедрение новых технологий и более эффективных теплоэнергетических процессов.

Актуальной остается задача разработки соответствующих методик для определения норм расхода тепловой энергии на технологические операции,

не представленные в нормативных документах по нормированию расхода топливно-энергетических ресурсов на ж.-д. транспорте.

Разработанная методика позволяет планировать расход тепловой энергии на вышеуказанные технологические процессы на любой расчетный период. С использованием разработанной методики выполнен ряд апробаций в структурных подразделениях ОАО «РЖД».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика нормирования расхода теплоты и топлива стационарными установками железнодорожного транспорта. – М.: ВНИИЖТ, 2002. – 86 с.
2. Методика планирования расхода топлива на нетяговые нужды и тепловой энергии в ОАО «РЖД». – М.: ВНИИАС, 2007. – 97 с.
3. Нормативная база тепло- и топливopотребления стационарных объектов железных дорог. – М.: ВНИИЖТ, 2001. – 112 с.
4. Вукалович М.П. Теплофизические свойства воды и водяного пара. – М.: Машиностроение, 1966. – 160 с.
5. Гува А.Я. Краткий теплофизический справочник. – Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 300 с.

Поступила 21.06.2010 г.

УДК 620.165.29:620.176.16

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ УТЕЧКИ

Т.Е. Степанченко, В.Н. Шкляр

Томский политехнический университет
E-mail: stepanchenko@mail2000.ru

Исследуется влияние чувствительности датчиков давления, установленных на трубопроводе, и изменения параметров трубопровода и транспортируемой жидкости на точность определения координаты и массового расхода утечки в трубопроводах по алгоритмам на основе гидродинамических моделей. Показано, что на точность определения параметров утечки наибольшее влияние оказывает вариация плотности транспортируемой жидкости и скорости её движения.

Ключевые слова:

Магистральный трубопровод, утечка, гидродинамическая модель, датчик давления, чувствительность датчика, скорость звука, режим течения.

Key words:

Main pipeline, loss, hydrodynamic model, sensor of pressure, sensitivity of sensor, speed of sound, mode of fluid.

Введение

Ранее нами были разработаны и исследованы алгоритмы определения координаты и массового расхода утечек в магистральных трубопроводах [1, 2]. При этом не учитывались характеристики реальных датчиков давления в них, а также изменения параметров нефтепродукта (плотности, вязкости, скорости передвижения) и самого объекта – нефтепровода (толщины стенок, шероховатости), которые в реальности измеряются специальными приборами (плотность и вязкость – плотномеры, денсиметры; скорость передвижения потока жидкости – термоанемометр, толщина стенок – толщиномерами, профилограф-профилометрами, шероховатость – измерителями шероховатости) и, в зависимости от точности этих приборов, могут иметь некоторый диапазон изменения.

Постановка задачи

Как известно, на трубопроводах устанавливаются датчики давления различной точности. Для диагностики используют высокоточные датчики на базе пьезорезистивного чувствительного элемента из монокристаллического кремния. В табл. 1 приведены технические данные для некоторых типов датчиков давления, разработанных и производимых в России [3, 4].

Рассматривается вначале влияние одной из основных характеристик датчиков – погрешности измерения, на точность определения координаты утечки ξ .

Давления в местах установки датчиков могут быть рассчитаны по формулам, полученным в [1]. Там же приведены формулы для определения координаты и массового расхода утечки, которые имеют вид: