

**А.М. Мусабекова<sup>1,a</sup>, С.С. Сундетов<sup>1,b</sup>, М.Д. Демеуов<sup>1,c</sup>**

<sup>1</sup>Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан,  
<sup>a</sup>asel\_1989\_09@mail.ru, <sup>b</sup>samat\_1989@mail.ru, <sup>c</sup>m.demeuov@mail.ru

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА В ПЕСКОСУШИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ (ПСУ)**

**Аннотация.** Результатами анализа работы горелочных устройств ПСУ показана их низкая энергетическая эффективность. Обосновано, что эффективность сжигания топлива в горелочных устройствах зависит от оптимального соотношения топлива и воздуха. Автоматическое регулирование соотношения воздух- топливо на режимах работы горелочного устройства позволит снизить энергетические расходы и улучшить экологическую ситуацию.

**Аңдатпа.** ҚКҚ жандырушы құрылғыларды талдау нәтижелері, олардың төмен энергиятикалық тиімділігін көрсетті. Жандырушы қондырғыларда отынды жағу тиімділігі, отын мен ауаның оңтайлы қатынасына байланысты екендігі негізделді. Жандырушы қондырғының жұмыс режиміне отын мен ауаның берілу қатынасын автоматты реттеу, оның энергетикалық шығынын азайтуға және экологиялық жағдайды жақсартуға мүмкіндік туғызады.

**Abstract.** The results of the tests of burner devices' operations are shown their low energetic effects. It is proved that the combustion efficiency of fuel burning devices depends on the optimum ratio of fuel and air. Automatic regulation of the ratio air - to-fuel modes of operation of the burner will reduce energy costs and improve the environmental situation.

**Ключевые слова.** Пескосушильные установки (ПСУ), топливо-энергетические ресурсы (ТЭР), снижение удельного расход топлива, снижение вредных веществ при модернизаций.

**Түйінді сөздер.** Құм кептіргіш қондырғы (ҚКҚ), отын-энергетикалық ресурстар (ОЭР), отынның меншікті шығынын төмендету, жаңғырту кезіндегі зиянды заттарды азайту.

**Keywords:** Sand drying plants (SDP), fuel - energy resources (FER), decrease in specific fuel consumption, reduction of harmful substances during modernization

Энерго и ресурсосбережение - один из ключевых факторов повышения рентабельности железнодорожного транспорта, являющегося одним из основных потребителей топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) Казахстана. Затраты на приобретение топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) доходят до 12÷16% себестоимости перевозок. Причём эти затраты из года в год растут из-за опережающего роста тарифов на ТЭР в сравнении с темпом снижения потребности в них в результате энергосберегающей деятельности. Но этот фактор в ещё большей степени усиливает важность для железнодорожного транспорта политики энергосбережения, поскольку стоимость сэкономленных энергоресурсов из года в год также растёт. Основным показателем результативности энерго и ресурсосбережения является снижение удельных расходов ТЭР на единицу продукции (работы). На сети железных дорог пескосушильные установки (ПСУ) применяются в пунктах экипировки локомотивов для подготовки песка. Подача песка в контакт колесо-рельс осуществляется для снижения вероятностей боксования, юза, повышения тяговых и сцепных качеств локомотивов [1]. Преимущество кварцевого песка не только в возможности значительного увеличения коэффициента сцепления, но и дешевизне и простоте применения на локомотиве. Этот способ наряду с неоспоримыми преимуществами имеет и явные недостатки. Его количество в контакте должно быть строго регламентировано. С точки зрения тяги, наилучший результат

достигается при подаче песка в один слой с расстоянием между песчинками равным трем радиусам песчинок (насыщенность заполнения контакта составляет  $0,06 \text{ кг/м}^2$  [2,3]). Таким образом, количество песка подаваемого на погонный метр рельса на дорожке качения шириной 10 мм должно быть равно  $0,6 \text{ г/м}$ . Следует подчеркнуть, что применение песка для увеличения сил сцепления требует огромных расходов. Это тысячи тонн песка, которые необходимо перевезти и по специальной технологии обработать и просушить [2, 3]. Для повышения эффективности работы ПСУ в целом за год необходимо создать дополнительный сверхнормативный запас песка в теплое время года для уменьшения загрузки оборудования и соответствующего расхода энергии в зимнее время года. Процесс сушки песка сопровождается большим расходом тепловой энергии и в отдельных случаях может составлять 15...20% от всего количества тепловой энергии, расходуемой на технологические нужды производства. Эффективное использование ТЭР обеспечивают соблюдение технологии и режимов сушки.

Согласно техническим условиям в ПСУ должен обрабатываться песок:

- нормального качества с содержанием кварца не менее 75% и глинистой составляющей не более 3%;
- повышенного качества с содержанием кварца не менее 90% и глинистой составляющей не более 1%.

Рабочую массу песка, поступающего после сушки и просеивания в песочницы локомотивов, составляют зёрна размером от 0,1 до 2 мм включительно. Содержание зёрен размером свыше 2 мм не допускается. Влажность песка не должна превышать 0,5%, а температура его нагрева при сушке допускается не более  $350^\circ\text{C}$ .

На сети железных дорог Казахстана для просушки песка производится в барабанных ПСУ (марка СОБУ-1) выпуска 70-х годов прошлого столетия, которые достаточно простые в обслуживании, но отличаются высокой материалоемкостью. Горелочные устройства и другие оборудования ПСУ устаревших образцов, не отвечающие современным требованиям по расходу топлива и экологическим показателям. В зависимости от региона расположения ПСУ используют тепловую энергию от сжигания дизельного топлива или угля. Относительный коэффициент загруженности ПСУ СОБУ-1 по всем регионам не превышает 30%.

По технической характеристике ПСУ СОБУ1 для выработки 1 куб.м. сухого песка в час при начальной влажности сырого песка 6% до конечной влажности сухого песка 0,5% необходимая теплота составляет 116000 ккал. При средней плотности песка  $\rho_n = (1,3 \div 1,5) \text{ кг/куб.метров}$ , на выработку 1 тонны сухого песка необходимо  $(89000 \div 77300) \text{ ккал}$  тепловой энергии. При полноте сгорания топлива  $\xi = 0,8$ , это 14,3 кг дизельного топлива (с теплотой сгорания 10158 ккал/кг) или 34 кг угля (с средней теплотой сгорания 4240 ккал/кг), в условном эквиваленте это составляет 21 кг условного топлива (коэффициент пересчета в условное топливо для дизельного топлива 1,45 для угля 0,626).

В 2015 году АО «Локомотив» выработал 58695,82 тонн сухого песка, на подготовку которого затрачено 1313,68 тонн условного топлива.

Удельный расход составил:  $1313680 / 58695,82 = 22,4 \text{ кг.условного топлива}$ .

Перерасход составил:  $22,4 - 21 = 1,4 \text{ кг.у.топлива}$  в час, или натуральной величине 1,15 кг дизельного топлива или 1,78 кг угля. При 20 часовой суточной работе перерасход составляет: 23 кг дизельного топлива или 35,6 кг угля на одну ПСУ. С учетом того, что потребности в сухом песке железных дорог Казахстана обеспечиваются 35 ПСУ, перерасход составляет значительную величину. Низкая эффективность ПСУ объясняется плохим техническим состоянием оборудования, особенно горелочных устройств. Оптимизация процесса горения по энергетическому критерию позволяет уменьшить расход топлива со снижением вредных веществ в дымовых газах. Разным видам топлива соответствуют свои определенные соотношения с воздухом определяемые

коэффициентом избытка воздуха –  $\alpha$ . Сгорание топлива в топках, за исключением особых случаев, должно протекать полностью. С этой целью для каждой конструкции топки и в зависимости от вида сжигаемого топлива устанавливаются свои предельные значения коэффициента избытка воздуха. Стехиометрический процесс горения осуществляется при значений  $\alpha=1$ . Для полного сгорания топлива требуется определённое количество избыточного воздуха по сравнению со стехиометрическим процессом. Как недостаток, так и большой избыток воздуха приводят к снижению эффективности процесса горения. Определить, какое количество избыточного воздуха необходимо, можно только тогда, когда известны средние рабочие параметры горелки и измерено относительное количество кислорода или углекислого газа в дымовых газах. Оптимальное количество избыточного воздуха меняется во время работы горелки в зависимости от количества кислорода, необходимого для полного окисления топлива. Поэтому точное количество воздуха, которое необходимо подать на горелку, зависит от количества кислорода, содержащегося в воздухе, и от свойств используемого вида топлива. В частности, количество воздуха поступающего в зону горения зависит от следующих параметров:

- Способа подачи топлива в зону горения.
- Температуры воздуха - участвующего в горении. Увеличение температуры воздуха на  $10^{\circ}\text{C}$  соответствует уменьшению плотности воздуха на 3%, а содержание кислорода в воздухе уменьшается приблизительно на 0,6% [2];
- Атмосферного давления воздуха. При уменьшении атмосферного давления на 10 мбар плотность воздуха уменьшается примерно на 1% и, следовательно, содержание кислорода в воздухе снижается примерно на 0,2% [1];
- Теплоты сгорания топлива: при увеличении теплоты сгорания топлива на 5%, потребность в кислороде увеличивается на 1% [3];
- Расхода и температуры топлива;
- Аэродинамического сопротивления камеры сгорания и тяги в дымоходе.

Все упомянутые выше параметры влияют на качество процесса горения, от них зависит необходимое количество кислорода и, следовательно, избыточного воздуха. Чтобы лучше управлять процессом горения, количество подаваемого воздуха необходимо постоянно менять так, чтобы количество кислорода в дымовых газах всегда было оптимальным. Наряду с известными требованиями, предъявляемыми к камерам сгорания, в последние десятилетия остро встала проблема улучшения их экологических характеристик и, в первую очередь, ограничения вредных выбросов оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ) и углерода ( $\text{CO}$ ). Высокая полнота сгорания означает отсутствие в продуктах сгорания твердых частиц углерода ( $\text{C}$ ) и малое содержание оксидов углерода ( $\text{CO}$ ).

Такие результаты достигаются высоким уровнем подготовки топлива и коэффициента избытка воздуха. Самым распространенным способом снижения выбросов  $\text{NO}_x$  является сжигание с низким избытком воздуха. Наибольшая эффективность достигается при сжигании с избытками воздуха  $\alpha = 1,03 \div 1,05$  [2]. Однако низкие уровни избытка воздуха приводят к увеличению выбросов твердых частиц  $\text{C}$  и  $\text{CO}$ , что противоречит требованиям защиты окружающей среды.

Максимум  $\text{NO}_x$  соответствует такому значению коэффициента избытка воздуха, при котором достигается наиболее полное сгорание топлива, когда обеспечивается большое количество свободного кислорода и достаточно высокий температурный уровень. Различия в местоположении и уровне максимумов концентраций  $\text{NO}_x$  определяется различиями в конструкциях горелочных устройств. Путем усовершенствования горелочных устройств, обеспечивающих надежное регулирование расходов топлива и воздуха хорошее смешение топливовоздушной смеси, можно интенсифицировать процесс горения топлива и добиться значительного уменьшения выбросов вредных веществ. Проблема интенсификации процессов сжигания с учётом энергоэффективности и энергосбережения является одной из наиболее важных приоритетных направлений

развития теорий и практики горения и объясняет непрерывный научный и практический поиск методов повышения эффективности технических устройств сжигания топлива. Экологически чистое сжигание топлива в горелочных устройствах основано на принципе предварительного смешения топлива с воздухом. Конструктивное выполнение таких горелочных устройств у разных фирм различно. Сложность организации качественного процесса горения связана подбором смесительных устройств с смонтированными форсунками и регулированием скоростями поступательного движения потока воздуха от вентиляторов. Исследованием и совершенствованием горелочных устройств занимаются ведущие фирмы в мире. Одной из таких фирм является Weishaupt. Горелки Weishaupt серии WM-L и WM-G - это новое поколение горелок для жидких и газовых топлив с КПД 95%. Все горелки WM-L WM-G поставляются с подобранными по мощности смесительными устройствами и смонтированными форсунками, являются трехступенчатыми с автоматическим регулированием топливо-воздушного соотношения, что делает горелку в использовании практически универсальной. Горелки маркированы знаком Европейского Сообщества и получили регистрационный номер ЕС и регистрацию в немецком институте стандартизации (DIN).

**Выводы.** В данной статье выполнены следующие работы:

1. Результатами анализа работ ПСУ показано их низкая топливная эффективность.
2. Показано, что перерасход топлива горелочными устройствами ПСУ связан с их устаревшей конструкцией.
3. На основе теоретического анализа показано, что основным условием низкого расхода топлива и выбросов ВВ горелочными устройствами является оптимальные соотношения топливо-воздушной смеси.
4. Предложены горелочные устройства фирмы Weishaupt одного из мировых лидеров по горелкам для жидких и газовых топлив.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] В.В. Кузьмич «Теория локомотивной тяги» / В.В. Кузьмич, В.С. Руднев, С.Я. Френкель - М.: Маршрут, 2005. 447 с.
- [2] Оптимизация процесса горения в топке пылеугольного котла с учетом выбросов окислов азота / Парчевский В.М., Лесничук А.Н., Горбачев А.С., Зимина В.Д. // Тр. ин-та / МЭИ.- 1993. Теория и практика построения и функционирования АСУТП. - с. 111-116
- [3] Разработка и внедрение малотоксичных горелочных устройств для сжигания стандартных и нестандартных видов жидких и газообразных топлив / Верещетин В.А., Тугов А.Н., Усман Ю.М., Сидоркин В.Т. // Хим. техника. - 2015. - N 7. - с.29-32