

УДК 331.45

**Конч С.А.**, инженер;  
**Белохвостов, Г.И.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Жаркова Н.Н.**, старший преподаватель  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **УЛУЧШЕНИЕ ШУМОВЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА РЕКУПЕРАТИВНЫМИ ТЕПЛООБМЕННИКАМИ РЕГУЛИРУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ**

**Аннотация.** Сформулированы основные концептуальные направления использования теплоты отработавших газов двигателей внутреннего сгорания в рекуперативных теплообменниках регулируемой производительности с целью улучшения шумовых и экологических характеристик глушителей шума.

**Abstract.** The main conceptual directions of utilization of heat of exhaust gases of internal combustion engines in recuperative heat exchangers of adjustable capacity for the purpose of improvement of noise and ecological characteristics of noise mufflers are formulated.

**Ключевые слова.** Вторичные топливно-энергетические ресурсы (ВТЭР), двигатель внутреннего сгорания (ДВС), отработавшие газы (ОГ), утилизация энергии ОГ, утилизационная система, утилизационный теплообменник (УТ), глушитель шума-утилизатор теплоты отработавших газов (ГШУ), рекуперативный теплообменник регулируемой производительности.

**Keywords.** Secondary fuel and energy resources (SFER), internal combustion engine (ICE), exhaust gases (EG), utilization of exhaust gas energy, utilization system, utilization heat exchanger (UHE), exhaust gas heat utilization silencer (EGHU), recuperative heat exchanger of adjustable capacity.

Согласно литературным данным ОГ составляют около 60 % всей эмиссии тракторов, автомобилей, самоходной сельскохозяйственной техники и содержат в своём составе окислы азота  $\text{NO}_x$ , окись углерода CO, двуокись углерода  $\text{CO}_2$ , водяные пары  $\text{H}_2\text{O}$ , частично или полностью несгоревшие углеводороды  $\text{C}_m\text{H}_{12}$ , окислы серы  $\text{SO}_x$ , компоненты свинца и другие вещества, в зависимости от вида и сорта сжигаемого топлива, при этом выбросы ДВС занимают первое место среди первичных источников загрязнения атмосферы. Вместе с тем, ОГ являются распространённым и достаточно мощным источником ВТЭР, с которыми,

как известно, отводится в окружающую среду от 25 до 35 % энергии сжигаемого в ДВС ценного топлива. Применение на энергосиловых установках систем внешней утилизации теплоты ОГ сегодня рассматривается как один из основных путей снижения удельного расхода топлива и уменьшения загрязнения окружающей среды токсичными компонентами, при этом ещё не созданы научные основы, необходимые для проектирования и изготовления высокоэффективных УТ [1, 2].

Отработавшие газы ДВС имеют значительные объёмы, большие скорости движения газового потока с высокой температурой, и в целом представляют собой достаточно мощный источник ВТЭР, при этом отбор энергии от отработавших газов целесообразно осуществлять с помощью специальных утилизационных теплообменников-теплоутилизаторов, совмещённых конструктивно с серийным глушителем шума – ГШУ. Процессы утилизации энергии отработавших газов способствуют снижению температуры газов, возрастанию плотности, уменьшению скорости потока и падению давления, т.е. имеет место эффект (закон Л.А. Вулиса) теплового торможения газового потока, обуславливающего снижение уровня шума при меньшем противодавлении и увеличении КПД ДВС. Термодинамический анализ процессов утилизации энергии ОГ показал, что глушитель шума с установленным внутри теплообменником-змеевиком – ГШУ, с позиции второго закона термодинамики, выраженного посредством эксергетического анализа, является более совершенной термодинамической системой по сравнению с обычным глушителем и имеет более высокий термический коэффициент полезного действия.

Окисление NO до диоксида NO<sub>2</sub> начинается в выпускном тракте ДВС, однако в связи с большой скоростью газов и их высокой температурой, степень окисления не превышает 6–9 %. В этой связи охлаждение газов и торможение потока создают более благоприятные условия для окисления оксида азота NO до NO<sub>2</sub> и дальнейшей полимеризации диоксида NO<sub>2</sub> до четырехоксида N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (при T < 427 K) [1, 2].

Вопросы утилизации энергии ОГ для различных технологических нужд не являются новыми и в своем развитии насчитывают многолетнюю историю как в нашей стране, так и зарубежом.

Важным этапом использования ВТЭР является разработка утилизационных систем, расчет и подбор основного и вспомогательного оборудования, в частности, утилизационных теплообменников (УТ). Исходными данными при этом являются вид и параметры ресурсов энергии, их максимальный часовой выход и показатели требуемых теплоносителей. Предлагаемые для утилизации ВТЭР системы отопления и УТ должны характеризоваться высокой эффективностью работы, небольшим аэродинамическим сопротивлением, надежностью в

эксплуатации и возможностью изготавливаться силами механических служб предприятий АПК [3, 4].

Для оценки целесообразности использования какого-либо ВТЭР применяется эксергетический метод, согласно которому все ВТЭР можно условно разделить на три группы по критерию качества  $R$ :  $R > 0,10$  – перспективные (высокопотенциальные);  $R = 0,07 \div 0,10$  – менее перспективные (среднепотенциальные);  $R < 0,07$  – малоперспективные (низкопотенциальные). Однако технико-экономическую целесообразность использования отдельных вторичных энергоресурсов следует обосновывать с помощью их себестоимости.

Следует отметить, что ВТЭР среднего потенциала в основном используются для обогрева кузовов и салонов транспортных средств, технологических аппаратов, отопления и кондиционирования помещений, на нужды агротеплофикации. ВТЭР высокого потенциала направляются для получения пара на нужды отопления. ВТЭР низкого потенциала используют для кондиционирования, подогрева воды, технологических нужд и нужд агротеплофикации [3, 4].

Проблема утилизации и вторичного использования теплоты ОГ для обеспечения оптимального теплового режима в моторно-трансмиссионных установках, либо в отдельных агрегатах, в частности коробках передач гидромеханических трансмиссий в условиях низких температур, не потеряла своей актуальности, практическое решение которой позволит значительно повысить эффективность использования тракторов [5].

Предлагается также использовать теплоту ОГ для снятия поверхностной влаги с зерновок на зерноуборочных комбайнах.

Основные концептуальные направления в конструировании УТ:

1. Отбор теплоты ОГ целесообразно осуществлять в ГШ, т.е. совместить конструктивно УТ и ГШ транспортного средства. Только в этом случае УТ имеет максимальную компактность и органично вписывается в систему выхлопа ДВС, не снижая его технико-экономические характеристики.

2. УТ должен быть снабжен механизмом регулирования тепловой нагрузки, т.н. рекуперативный теплообменник регулируемой производительности.

3. Геометрические параметры УТ должны быть увязаны между собой определенными соотношениями. Это позволит унифицировать конструкции теплообменников, используемых на различных объектах, а также разработать универсальную методику расчета УТ.

4. Конструкция утилизационной системы отопления должна обладать высокой эксплуатационной надежностью, технологичностью при изготовлении и монтаже, удобством в обслуживании и ремонте [3, 4].

На рисунке приведена схема использования утилизационных теплообменников трубчатого ступенчатого типа в различных производственных процессах.

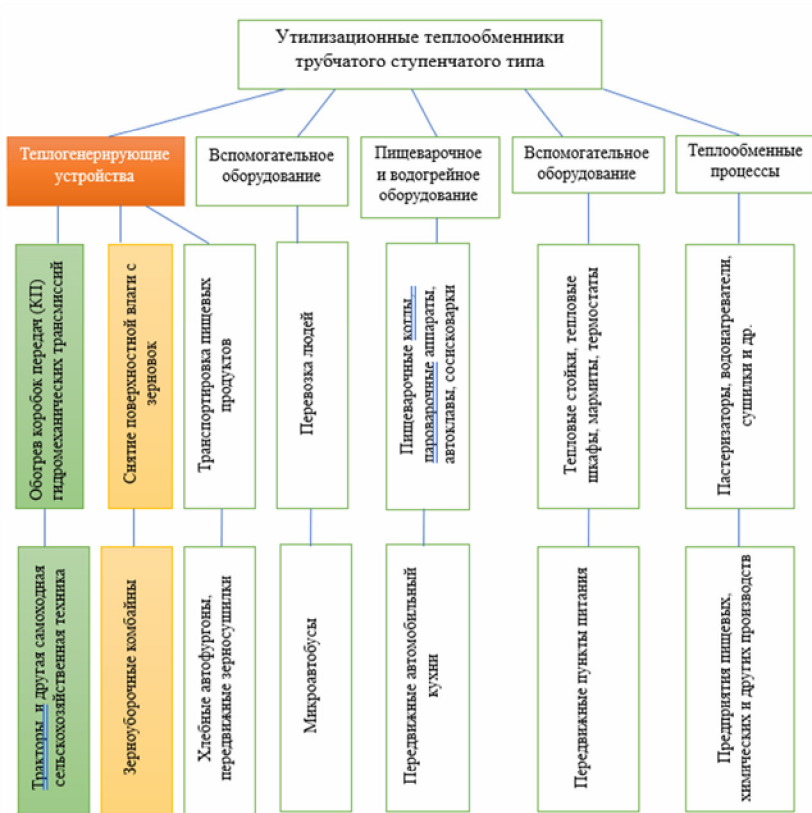


Рисунок – Схема использования утилизационных теплообменников трубчатого ступенчатого типа в различных производственных процессах

Для выполнения вышеперечисленных требований конструкция УТ должна быть оптимизирована по теплотехническим, аэродинамическим и конструктивным параметрам, что и определяет необходимость в проведении самостоятельных специальных комплексных теплотехнических, технологических и эксплуатационных исследований, которые и составляют содержание рабочей гипотезы.

### Список использованной литературы

1. Влияние процессов утилизации энергии отработавших газов поршневых двигателей внутреннего сгорания на газодинамические и акустические характеристики глушителей шума / В.Я. Груданов [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. фізіка-тэхнічных навук. – 2022. – Т. 67. – № 3. – С. 307–317.

2. Груданов, В.Я. Влияние процессов утилизации энергии отработавших газов на токсичность и эффективные показатели работы двигателей внутреннего сгорания / В.Я. Груданов, Г.И. Белохвостов, Л.Т. Ткачева // Горная механика и машиностроение. – 2023. – № 1. – С. 39–50.

3. Конч, С.А. Выбор основных концептуальных направлений проектирования глушителя шума-утилизатора теплоты отработавших газов двигателя внутреннего сгорания / С.А. Конч, Г.И. Белохвостов // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества : сборник материалов международной студенческой научно-практической конференции, Горки, 20–21 апреля 2023 г. – Горки : БГСХА, 2023. – С. 49–52.

4. Иванников, А.Б. Вторичное использование теплоты выхлопных газов двигателя для повышения эффективности функционирования агрегатов на примере коробки передач : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А.Б. Иванников ; ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск, 2017. – 18 с.

5. Акуленко, С.В. Использование теплоты отработавших газов в автофургонах для перевозки хлебобулочных изделий : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / С.В. Акуленко ; Могилевский технологический институт. – Могилев, 1995. – 21 с.

**Summary** The basic conceptual directions of utilization of heat of exhaust gases of internal combustion engines in recuperative heat exchangers of adjustable capacity for the purpose of improvement of noise and ecological characteristics of noise mufflers are formulated. It is assumed that the processes of exhaust gas energy recovery of reciprocating internal combustion engines improve the gas dynamic, acoustic and environmental characteristics of noise silencers, positively affect the effective performance of the engine, therefore, the noise silencer with a recuperative heat exchanger of adjustable capacity will have improved performance in these characteristics. The modular design principle of tractor noise mufflers is considered.

УДК 681.51

**Щурин К.В.**, доктор технических наук, профессор;

**Карлюк А.П.**, ассистент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ «ЧЕЛОВЕК-ОПЕРАТОР» РАБОЧЕЙ МАШИНЫ НА НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

**Аннотация.** Производится исследование для формирования «профессионального портрета» человека-оператора в контексте положений, формирующих «технологический портрет» современных эргатических систем.