

**М.О. Мусабеков<sup>1,a</sup>, Д.М. Байтусупов<sup>1,b</sup>, Г.А. Дусказиев<sup>1,c</sup>, Г.А. Маматраимова<sup>1,d</sup>**

<sup>1</sup>Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан,  
<sup>a</sup>murat-shar@mail.ru, <sup>b</sup>dos-zhan@mail.ru, <sup>c</sup>dgali\_94@mail.ru, <sup>d</sup>galiyaa1@mail.ru

## **ЭНЕРГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВОБОДНО-ПОРШНЕВОГО ГЕНЕРАТОРА ГАЗА (СПГГ) ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НУЖД ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ**

**Аннотация.** Учитывая климатические факторы регионов Казахстана обосновано применение в качестве энергетической установки маневровых тепловозов ГТУ с свободно-поршневым генератором газа. Данный локомотив позволит выполнять как характерную маневровую работу, так и другие технологические операций.

**Аңдатпа.** Қазақстанның өңірлерінің климаттық факторлар ескере отырып, еркін поршенді газ генератор маневрлік тепловозда пайдалану ақталған. Бұл әдеттегі маневрлік жұмысты және басқа да технологиялық операцияларды орындау үшін локомотив мүмкіндік береді.

**Abstract.** Taking into account the climatic factors of the regions of Kazakhstan, it is justified to use the gas turbine locomotives as a power plant with a free-piston gas generator. This locomotive will allow performing both the characteristic maneuvering work and other technological operations.

**Ключевые слова.** Свободно-поршневой генератор газа (СПГГ), газотурбинный двигатель (ГТД), газотурбинная установка (ГТУ), маневрово-хозяйственный локомотив.

**Түйінді сөздер.** Еркін-поршенді газ генератор (ЕПГГ), газ турбины қозғалтқыш (ГТК), газотурбиналық қондырғы (ГТК), маневр-шаруашылық локомотиві.

**Keywords:** Free-piston gas generator (FPGG), gas turbine engine (GTE), gas-turbine plant (GTU), Maneuvering locomotive.

Работа железнодорожных станций и узлов включает пропуск грузовых и пассажирских поездов, формирование и расформирование составов, погрузку и разгрузку вагонов, слив цистерн, ремонт путей, стрелочных переводов и станционных устройств, а в ряде случаев и подвижного состава, очистка и уборка путей от мусора, снежных заносов и т. д.. Причем, многие из этих операций совмещены во времени, требуют для своего выполнения максимальной оперативности. Маневровая и хозяйственная работа станций разобщена энергетически, т. е. осуществляется, как правило, различными машинами, агрегатами, устройствами. Так, несмотря на наличие мощных энергетических установок маневрового локомотивного парка, необходимы специальные пневматические сети для обдува стрелок, возникает мысль о необходимости максимальной концентрации энергоисточников хозяйственных и маневровых нужд — создании нечто вроде станционного комбайна. Первым шагом в этом направлении являются создание маневрово-хозяйственных локомотивов, т. е. такие локомотивы, которые, помимо обычной маневровой работы, смогли бы быть источником энергоносителей для ряда хозяйственных нужд.

Ещё в 60 годах на железнодорожном транспорте бывшего Советского Союза (ст. Калзагай Западно-Сибирской дороги, ст. Карабас Казахской дороги) были смонтированы и испытаны установки для очистки полувагонов струей горячих газов турбореактивного двигателя, выходящих с большой скоростью из сопла специальной формы [1]. Так как газовые струи имеют скорость несколько сотен метров в секунду и температуру 500-550°C, а расход газа может быть достаточно большим — 15-20 кг/сек, то очистка полувагонов производится очень быстро (30-40 сек на один полувагон). Однако турбореактивная очистка не вышла за рамки нескольких опытных конструкций. Это

произошло в связи с рядом существенных недостатков первых опытных конструкций и схем организации процесса очистки.

Это произошло в связи с рядом существенных недостатков первых опытных конструкций и схем организации процесса очистки. Дело в том, что мощность реактивных струй авиационных ГТД настолько высока, что образуется колоссальное количество пыли и остатки сыпучего груза разбрасываются вокруг установки на большие расстояния. Однако развитие этого метода можно представить себе на основе тщательного изучения природы и характера процессов очистки. Очевидна необходимость организации локальных пристеночных потоков с достаточно широким регулированием их интенсивности и термодинамических параметров. В итоге может оказаться целесообразным либо коренное изменение системы разводки и регулирования центрального газового потока турбореактивной установки, либо применение более мелких по гидравлической мощности и более экономичных источников газового потока. На железнодорожном транспорте затрачиваются колоссальные средства и силы для борьбы со снежными заносами. В северных и восточных регионах Казахстана высота снежного покрова достигает значительной высоты, что приходится прорывать буквально тоннели для пропуска поездов. В этих условиях высокоскоростная снегоочистка может быть оправдана даже при значительных энергетических затратах.

Газодинамическая очистка снежных заносов очистка высоконапорной горячей газовой струей от турбореактивных двигателей, является одним из возможных путей решения этой задачи. Здесь также, как и в случае очистки вагонов представляет интерес использование высоко нагретых газовых струй. Имеется опыт использования турбореактивного двигателя при очистке путей от снега [2]. Платформа с размещённым на ней турбореактивным двигателем перемещалась с помощью локомотива. Поворотом на необходимый угол овального (большая ось вала горизонтальна — поперек оси пути) реактивного сопла обеспечивается охват газовой струей заданной ширины верхнего строения пути. Очень мощная и высокотемпературная реактивная газовая струя оказывала тепловое и механическое воздействие на толщу снега весьма эффективно. Она быстро растапливает снег и смерзшиеся массы снега, льда, балласта и просыпавшегося на путь сыпучего груза; поток газа очищает путь, стрелочные переводы, переезды не только от снега, но и от примерзших предметов. Скорость очистки в средних условиях достигает 10 км/ч. Препятствием к широкому внедрению на железнодорожном транспорте турбореактивных снегоочистителей, как и в случае очистки вагонов, является слишком высокая тепловая и гидравлическая мощность газовой струи и ограниченные возможности регулирования этой мощности. Как показал опыт, полоса шириной около 50 м в каждую сторону от оси пути является небезопасной зоной при работе реактивного двигателя. Несмотря на эжекцию атмосферного воздуха, в центре струи сохраняются очень высокие температуры, в ряде случаев вредно влияющие на элементы верхнего строения пути. Видимо, и здесь нужны серьезные исследования, с тем чтобы разумный и эффективный принцип газодинамической снегоочистки железнодорожных путей воплотить в рациональные конструктивные формы.

Решение проблемы возможно созданием маневрово- хозяйственного локомотива с энергетической установкой - свободнопоршневого генератора газа (СПГГ) т.е. такого локомотива, который, помимо обычной маневровой работы, мог бы быть источником энергоносителей для ряда хозяйственных нужд. В турбореактивных ГТУ продукты сгорания перед поступлением в проточную часть турбины ввиду их значительной температуры приходится охлаждать до приемлемых температур путем подачи компрессором большого избытка воздуха. На привод компрессора затрачивается значительная доля мощности газовой турбины. В установках с СПГГ)сгорание топлива осуществляется в отдельном цилиндре с последующим охлаждением продуктов сгорания [3].

Принципиальная схема ГТУ со свободно-поршневым генератором газа представлена на рисунке 1.

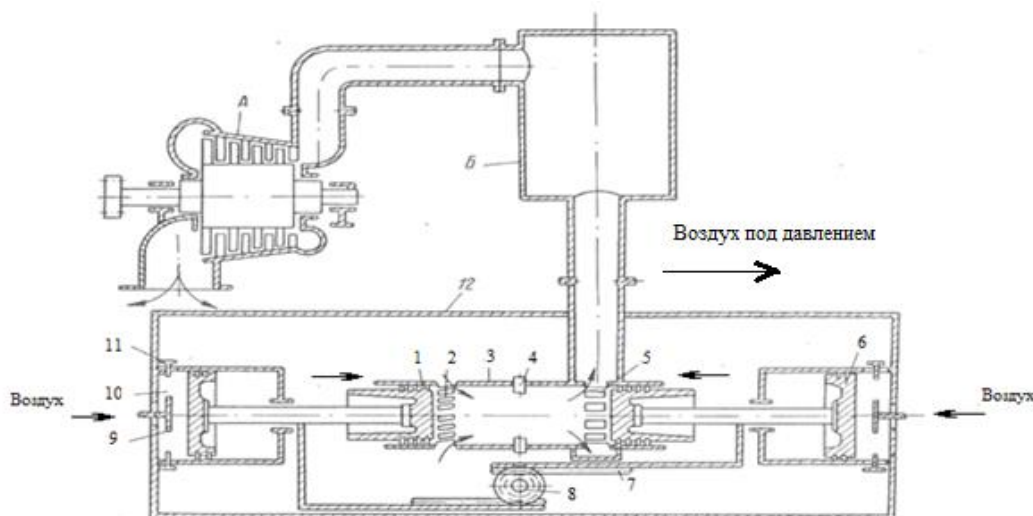


Рисунок 1 – Принципиальная схема ГТУ с СПГГ

Во время рабочего хода поршни 1 расходятся от в. м. т. (внутренний) к н. м. т. (внешний) и при обратном ходе — сближаются. Когда поршни находятся вблизи в. м. т. в цилиндре 3 через топливные форсунки 4 подается топливо, которое сгорает и образовавшиеся продукты сгорания, расширяясь, совершают рабочий ход. При рабочем ходе поршней 1 поршни 6 воздушных компрессоров сжимают воздух в буферных цилиндрах 10. Через нагнетательные клапаны 11 сжатый воздух поступает во внешний цилиндр 12. В конце рабочего хода открываются выпускные окна 5 и затем продувочные окна 2, осуществляется выпуск газов и продувка цилиндра 3. Отработавшие в двигателе газы, смешиваясь с продувочным воздухом, охлаждаются и через ресивер Б направляются к газовой турбине А. Потенциальная энергия воздуха, сжатого в буферных цилиндрах, обеспечивает обратный ход поршней 1. При этом в буферные цилиндры всасывается атмосферный воздух через клапаны 9, а в цилиндре 3 двигателя происходит сжатие свежего заряда до параметров, обеспечивающих самовоспламенение топлива, впрыскиваемого через форсунки. При их частичном расширении газ совершает частичную работу, используемую на привод поршневого компрессора. Маневровый локомотив, силовая установка которого состоит из свободнопоршневого генератора газа (СПГГ), газовой турбины и электрической передачи переменного тока уже сама по себе решает две задачи — мы имеем маневровый локомотив и передвижную электростанцию, дающую ток с широким диапазоном частот и напряжений. СПГГ — это источник сжатого воздуха. Отобранный непосредственно после поршневого компрессора воздух имеет давление  $4-5 \text{ кг/см}^2$  и температуру  $100-120^\circ\text{C}$ , который можно использовать для обдува стрелочных переводов и снегоочистки путей, а также работы пневмоинструментов. Достаточно высокое давление сжатого в компрессорах СПГГ воздуха позволяет путем использования эжекционных систем в широком диапазоне регулировать общий расход воздуха и его температуру. Сжатый воздух высокой температуры ( $500-550^\circ\text{C}$ ) может отбираться из ресивера, расположенного между СПГГ и газовой турбиной. Этот воздух можно использовать для разогрева смерзшихся грузов и очистки полувагонов, разогрева цистерн при сливе высоковязких нефтепродуктов и т. п. При соответствующей конструкции и регулировании мощности газовых струй такой локомотив может выполнять роль самодвижущегося снегоочистителя.

Перечисленные вопросы не исчерпывают энергетические возможности подобного рода силовых установок. Нет сомнений в том, что научные и конструктивные проработки откроют новые комплексные решения в этой интересной и многообещающей проблеме.

**Выводы:** В зимний период северных и восточных регионах Казахстана высота снежного покрова достигает значительной высоты, что приводит к заносам рельсовой колеи и особенно стрелочных переводов. В этих условиях высокоскоростная снегоочистка может быть оправдана даже при значительных энергетических затратах, поэтому целесообразно использование в качестве энергетической установки маневровых локомотивов ГТУ со свободно-поршневым генератором газа (СПГГ). Данный локомотив позволит помимо выполнения обычной характерной маневровой работы, использовать его в качестве источника энергоносителей для ряда хозяйственных нужд.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Газотурбовозы и турбопоезда / Е.Т. Бартош М: Транспорт, 1978. -310с.
- [2] Газотурбинная тяга: история и перспективы / В. С. Коссов, Э. И. Нестеров // Локомотив. 2005. - № 4. - С. 37-40.
- [3] Маневровый газотурбовоз / Е. Е. Косов // Транспорт РФ. 2007. - № 10. - С. 18-19.