

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ НАФТОГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ НА АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА

М.М. Гнип, С.І. Криштопа, І.М. Микитій

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,
e-mail: auto.ifntung@ukr.net

Досліджені економічні переваги переведення дизельних силових приводів бурових установок, технологічного устаткування та нафтогазового технологічного транспорту на моногазові двигуни. Вивчено досвід переобладнання дизельних двигунів у газові з іскровим запалюванням провідними світовими виробниками автомобільних двигунів та автомобілів, які вже широко використовуються на автомобільному транспорті. Розглянуті сучасні тенденції переобладнання дизельних двигунів вантажних автомобілів, автобусів та спецтехніки на газомоторні палива. Досліджено шляхи конвертації дизельних двигунів нафтогазової галузі на стиснені та зріджені газові палива за різними варіантами. Показано, що наведені теоретичні дослідження переведення дизельних силових приводів бурових установок, технологічного устаткування та нафтогазового технологічного транспорту на моногазові двигуни добре узгоджуються з практичними результатами. Встановлено, що при конвертації дизельних двигунів силових приводів бурових установок, технологічного устаткування та нафтогазового технологічного транспорту на газомоторне паливо можна знизити витрати на паливно-мастильні матеріали, в середньому, на 30-40 %. Розраховано, що термін окупності при переобладнанні дизельних двигунів силових приводів бурових установок, технологічного устаткування та нафтогазового технологічного транспорту на газомоторне паливо буде складати близько двох-трьох місяців з врахуванням витрат часу на технічне обслуговування та ремонт установок.

Ключові слова: альтернативні палива, дизельний двигун, бурова установка, переобладнання на газ, економічна ефективність, термін окупності.

Исследованы экономические преимущества перевода дизельных силовых приводов буровых установок, технологического оборудования и нефтегазового технологического транспорта на моногазовые двигатели. Изучен опыт переоборудования дизельных двигателей в газовые с искровым зажиганием ведущими мировыми производителями автомобильных двигателей и автомобилей, которые уже широко используются на автомобильном транспорте. Рассмотрены современные тенденции переоборудования дизельных двигателей грузовых автомобилей, автобусов и спецтехники на газомоторные топлива. Исследованы разные варианты конвертации дизельных двигателей нефтегазовой отрасли на сжатые и сжиженные газовые топлива. Показано, что проведенные теоретические исследования перевода дизельных силовых приводов буровых установок, технологического оборудования и нефтегазового технологического транспорта на моногазовые двигатели хорошо согласуются с практическими результатами, которые уже получены на автомобильном транспорте. Установлено, что при конвертации дизельных двигателей силовых приводов буровых установок, технологического оборудования и нефтегазового технологического транспорта на газомоторное топливо, можно снизить затраты на горюче-смазочные материалы, в среднем, на 30-40 %. Рассчитано, что срок окупаемости при переоборудовании дизельных двигателей силовых приводов буровых установок, технологического оборудования и нефтегазового технологического транспорта на газомоторное топливо будет составлять около двух-трех месяцев с учетом затрат времени на техническое обслуживание и ремонт установок.

Ключевые слова: альтернативные топлива, дизельный двигатель, буровая установка, переоборудование на газ, экономическая эффективность, срок окупаемости.

The economic advantages of transfer of diesel power drives of drilling rigs, technological equipment and oil and gas technological transport to mono-gas engines are studied. The experience of the conversion of diesel engines into spark-ignited gas ones of leading world automobile and engine manufacturers, which are already widely used in motor vehicles, is studied. The modern tendencies of re-equipment of diesel engines for trucks, buses and special equipment into gas-engine fuels are considered. The ways of conversion of diesel engines of the oil and gas industry into compressed and liquefied gas fuels in different variants are studied. It is shown that the theoretical studies of the transfer of diesel power drives of drilling rigs, technological equipment and oil and gas technological transport to mono-gas engines are in agreement with the practical results already obtained in automobile transport. It is established that when converting diesel engines for power drives of drilling rigs, technological equipment and oil and gas technological transport to gas motor fuels, it is possible to reduce the costs of fuel and lubricants, on average, by 30-40 %. It is calculated that the payback period for the re-equipment of diesel engines of power drives for drilling rigs, technological equipment and oil and gas technological transport to gas motor fuels will be about two to three months, taking into account the time spent on rigs maintenance.

Key words: alternative fuel, diesel engine, drilling rig, re-equipment into gas, economic efficiency, payback period.

Вступ

Значна частка силових приводів бурових установок, технологічного устаткування та нафтогазового технологічного транспорту використовують двигуни внутрішнього згорання з дизельними системами живлення. Дизельні двигуни нафтогазової галузі – це двигуни з потужністю у сотні кВт з питомою ефективною витратою дизельного палива понад 300 г/(кВт · год). Зазначені показники вимагають при роботі двигунів у нафтогазовій галузі великих витрат дизельного палива, вартість якого має тенденцію до постійного зростання. Тому очевидно є економічна доцільність переходу для силових приводів нафтогазової галузі на дешевші альтернативні види палив.

Серед них на особливу увагу заслуговує переведення дизельних силових приводів нафтогазової галузі на газові палива, які є більш дешевою альтернативою дизельного палива. Конвертація дизельних двигунів на газомоторне паливо можлива за різними схемами. В даний час вже є добре відомою та достатньо відпрацьованою технологія переведення дизелів на газодизельний режим, коли одночасно використовується подача як газу, так і дизпалива. Ця технологія разом з певними перевагами має і багато недоліків, один з головних – залишається необхідність подачі дизельного палива, що погіршує економічну доцільність переобладнання. Як свідчить практика, витрата дизельного палива в газодизельних двигунах є досить високою та для деяких режимів досягає 50 %.

Другий, поки що мало апробований варіант конвертації дизельних двигунів на газомоторне паливо – це чисто газовий або моногазовий режим, де конвертовані дизельні двигуни додатково обладнуються системами з іскровим запалюванням. Економічні переваги переведення дизельних силових приводів бурових установок, технологічного устаткування та нафтогазового технологічного транспорту на моногазовий режим пов'язані з наступним:

- моногазове паливо, в середньому, на 30-40 % дешевше за дизельне паливо, а дизельне паливо не подається взагалі;

- ресурс циліндропоршневої групи конвертованих двигунів, за рахунок більш плавного зростання тисків згорання, збільшується в 1,3-1,5 рази;

- приблизно вдвічі зростає періодичність заміни моторних олив та масляних фільтрів моногазових двигунів, за рахунок зниження нагароутворення, відсутності процесу змивання оливної плівки та зменшення розрідження моторної оливи;

Тому конвертація дизельних силових приводів бурових установок, технологічного устаткування та нафтогазового технологічного транспорту на моногазові двигуни з точки зору зниження витрат на паливно-мастильні матеріали та капітальний ремонт двигунів є актуальним завданням.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій

Про суттєві перспективи переобладнання дизельних двигунів у газові з іскровим запалюванням свідчить створення моногазових двигунів провідними світовими виробниками автомобільних двигунів та автомобілів, які вже широко використовуються на автомобільному транспорті. Причому переобладнання дизельних двигунів здійснюється як на зріджену пропан-бутанову суміш (рис. 1), так і на стиснений або зріджений природний газ (рис. 2) [1].



Рисунок 1 – Freightliner 120 на пропан-бутані



Рисунок 2 – Автомобіль Volvo-460 на зрідженому метані

В зазначеному напрямку проводять роботи такі відомі світові концерни як Freightliner, Cummins, Volvo, MAN, Mercedes, Scania, Iveco та інші, які вже розробили для комерційної техніки на основі існуючих дизельних двигунів газові з іскровим запалюванням.

Більш детально зупинимось на аналогічних роботах з переобладнання дизельних двигунів у газові, які проводились в країнах пострадянського простору.

Одним з найбільш потужних автовиробників, де здійснюється конвертація дизельних двигунів є автозавод КамАЗ, де вже до десятка моделей автомобілів пропонуються для роботи на газомоторному паливі. Наприклад, автозавод пропонується споживачам автомобіль КамАЗ-65115-32 (рис. 3), дизельний двигун якого конвертований під стиснений природний газ [2]. У конвертованому двигуні демонтовані дизельні форсунки та встановлені свічки запалювання з індивідуальними котушками, а камера згорання в поршні розточена так, щоб ступінь

стиску двигуна знизилась з 17,0 до 12,0. У впускній системі двигуна встановлений газоповітряний змішувач та два дозатори подачі газоповітряної суміші на кожний ряд циліндрів. Паливна система автомобіля КамАЗ-65115-32 складається з балонів стисненого газу в кількості 9 штук, загальний об'єм балонів складає 182 м^3 стисненого природного газу при максимальному тиску 20 МПа. Потужність конвертованого двигуна залишилась такою ж самою, як і у базового дизельного двигуна – 221 кВт (300 к.с.)



Рисунок 3 – Автомобіль КамАЗ-65115-32

Цікавою є тенденція обладнання автобусів дизельними двигунами конвертованими на газ. Наприклад, тільки Нефтекамський автомобільний завод на даний момент випускає сім! моделей автобусів, які працюють на газомоторному паливі [3]. В гамі продукції Нефтекамського автомобільного заводу є міські, приміські і навіть шкільні автобуси. Для прикладу розглянемо модель автобуса НЕФАЗ-5299-0000040-51 (рис. 4). Пасажиромісткість автобуса – 116 чол., повна маса – 18800 кг. Двигун встановлюється виробництва Мерседес-Бенц, моделі М906 LAG.EEV/1, робочим об'ємом – 6,8 л, потужністю – 205 кВт. Паливо у автобуса НЕФАЗ-5299-0000040-51 – стиснений природний газ.



Рисунок 4 – Автобус НЕФАЗ-5299-0000040-51

Досить нетрадиційну концепцію LNG, тобто криогенно-зріджений метан вирішили впроваджувати на Мінському автомобільному заводі [4] на шасі з мотором ЯМЗ-536 (рис.5). Головна перевага перед стисненим метаном в криогенно-зрідженого – більший запас ходу. Середня витрата палива автомобіля – 35 літрів на 100 км, що забезпечує запас ходу в 1440 км. Крім того, криогенно-зріджений метан дещо дешевше за стиснений природний газ.



Рисунок 5 – Газобалонна система автомобіля МАЗ-536 на зрідженому метані

Бак для криогенно-зрідженого метану об'ємом 450 літрів та вміщує паливо, кількість якого еквівалентна 308 кубічним метрам стиснутого природного газу. Інакше кажучи, для стисненого природного газу це був би тридцять один 50-літровий балон, маса яких складала би близько двох тонн. Виграш в цій масі дає прибавку в вантажопідйомності автомобіля і одночасно суттєво спрощує компоновку газової апаратури. Основна проблема криогенно-зрідженого метану: зріджений газ зберігається криогенним способом при температурі близько $-190 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Бак може витримати ці параметри за температури навколишнього середовища плюс $20-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до двох тижнів, після чого аварійні клапани почнуть скидання тиску.

Ще однією цікавою тенденцією є обладнання спецтехніки дизельними двигунами конвертованими на газ.

Наприклад, АТ „Клинцевський автокрановий завод” випускає модель автокрана КС-55713-5К-1 (рис. 6) вантажопідйомністю 25 тон на стисненому метані [5]. За інформацією від заводу-виробника витрати на паливо знижуються на 70 % при забезпеченні потужності конвертованого двигуна на тому ж рівні, як і у базового дизеля. Згідно технічної документації АТ „Клинцевський автокрановий завод” крім зменшення витрат на паливно-мастильні матеріали також додатково знижуються викиди шкідливих речовин більше, як в два рази. Загальний об'єм встановлених балонів складає 1040 літрів ($9 \cdot 80 \text{ л} + 2 \cdot 160 \text{ л}$), що дозволяє закачувати в систему живлення двигуна 208 м^3 метану.



Рисунок 6 – Автокран моделі КС-55713-5К-1 з двигуном на стисненому метані

Досить амбітну програму випуску спецмашин реалізовує Арзамаський завод комунального машинобудування [6], де зараз споживачам пропонуються три моделі автомобілів з спеціальними кузовами, які призначені для роботи на стисненому природному газі. Наприклад, заводом випускається модель КО-829БГ для обслуговування та ремонту автомобільних доріг (рис. 7). Паливна система автомобіля КО-829БГ складається з балонів для стисненого газу в кількості 13 штук, які змонтовані в спеціальному каркасі за кабіною автомобіля. Загальний об'єм балонів складає 1120 літрів або 224 м³ стисненого природного газу (при тиску 20 МПа). Двигун – конвертований на метан сучасний дизель під екологічні норми Євро-4 з турбонаддувом та охолоджувачем надвального повітря (інтеркулдером) робочим об'ємом 11.76 літра та максимальною потужністю 221 кВт (300 к.с.)

Є досвід використання конвертованих дизельних двигунів в газіві, що встановлені на спецтехніку і в Україні. Наприклад, на КрАЗі випускається модель КрАЗ-5401 з двигуном Mercedes-Benz M906LAG (рис. 8), що працює на метані, потужністю 280 к.с. [7]. Паливна система автомобіля КрАЗ-5401 складається з балонів для стисненого газу в кількості 9 штук, загальний об'єм яких складає 1155 літрів стисненого природного газу за максимального тиску 20 МПа. Були виконані промислові випробування автомобіля та встановлено, що витрата метану, в середньому, для автомобіля КрАЗ-5401 складає 35 м³ газу. Витрата дизпалива в

тих же умовах для аналогічного автомобіля КрАЗ-Н12.2 на дизпаливі, склала в середньому 32 літра.



Рисунок 7 – Спецавтомобіль КО-829БГ



Рисунок 8 – Спецавтомобіль КрАЗ-5401

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми

Необхідно зазначити, що поки набутий початковий досвід в напрямку конвертації дизельних двигунів у моногазові і для вирішення питання доцільності переобладнання в нафтогазовій галузі дизельних двигунів у газіві потрібно дати відповіді на багато питань науково-технічного та комерційного характеру. Необхідна, для конвертації дизельних двигунів в газіві, розробка сучасних електронних систем запалення з комп'ютерним керуванням; потрібне вивчення шляхів оптимізації робочих процесів конвертованих в газіві дизельних двигунів з метою підвищення їхньої надійності, економічності та потужності; доцільною є розробка багатопаливних систем, які б дозволяли забезпечувати роботу конвертованих двигунів як на газі, так і, у випадку можливих перебоїв з доставкою газового палива, в резервному дизельному режимі; потрібне дослідження економічної доцільності переобладнання дизельних двигунів нафтогазової галузі при їхньому переведенні на альтернативні палива.

Формулювання цілей статті

Переобладнання дизельних двигунів нафтогазової галузі може здійснюватись на стисне-

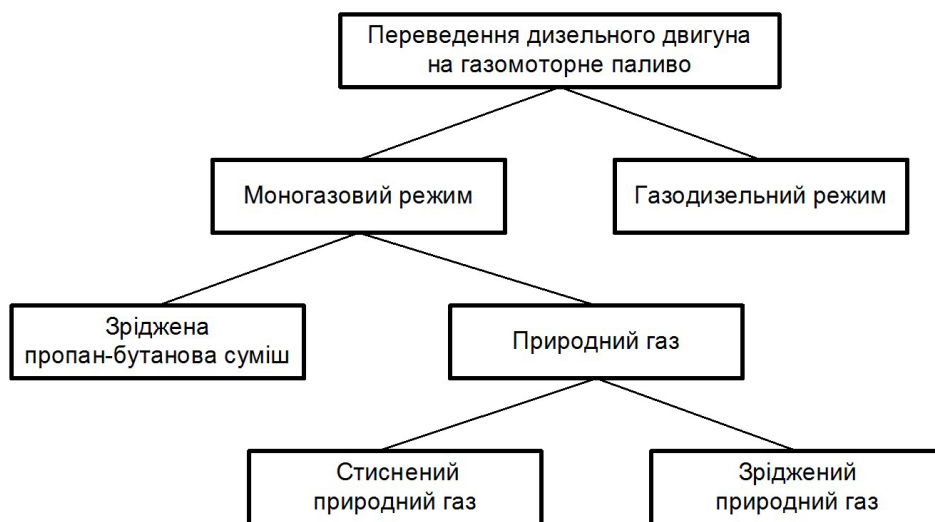


Рисунок 9 – Напрямки конвертації дизеля на газ

ний або зріджений природний газ або на зріджену пропан-бутанову суміш. Може використовуватись вакуумна (механічна) система подачі газомоторного палива або електронна. Може встановлюватись газова апаратура першого, другого, третього, четвертого або п'ятого покоління. Точна вартість переобладнання та терміну окупності залежить від динаміки цін на паливо, конструктивних особливостей та режимів роботи конвертованого двигуна, виду та моделі газобалонного обладнання, об'єму і кількості газових балонів, інших чинників і може змінюватись в широких межах. Тому метою даної статті є дослідження економічної доцільності переобладнання дизельних двигунів нафтогазової галузі при їхньому переведенні на використання газомоторних палив.

Основний матеріал дослідження

Дизельний двигун можна переобладнати на газодизельний або моногазовий режими. В першому випадку до газового палива подається запальна доза дизельного палива, яка виробниками газодизельних систем позиціонується в межах 25-40 %, а в реальних умовах експлуатації досягає і 50 %. Очевидно, що з врахуванням необхідності подачі дорогого дизельного палива більш вигідною альтернативою газодизельного режиму є подавання тільки чистого газу або моногазовий режим. Дизельний двигун за своєю конструкцією може бути переобладнаний для роботи з газобалонним обладнанням як на метані (на стисненому або зрідженому), так і на пропан-бутані. На сьогоднішній день вартість пропан-бутанової суміші на заправках України є навіть нижчою за метан.

Варіанти переобладнання дизельних двигунів у газові зображені на рис. 9. Вивчення досвіду зарубіжних і вітчизняних розробок свідчить, що дизельні двигуни, які конвертовані в газові, мають високі тягово-динамічні та економічні характеристики, а за показниками екологічної безпеки істотно перевершують базові дизельні двигуни.

Конвертація дизельного двигуна в моногазовий, на відміну від переобладнання бензинових двигунів, вимагає серйозних змін в конструкції базового дизеля.

Оскільки дизельний двигун є двигуном, займання палива в якому здійснюється при нагріванні від стиснення, то стандартний дизельний двигун не може працювати на газовому паливі, так як газомоторне паливо має істотно більш високу температуру займання у порівнянні з дизельним паливом (наприклад, дизпаливо – 300-330 °С, пропан – 466 °С), яка не може бути досягнута при ступенях стиску, що використовуються в дизельних двигунах.

Другою причиною, за якою дизельний двигун не зможе працювати на газовому паливі є явище детонації – це вибухоподібне горіння палива, яке виникає при високій ступені стиснення. Для дизельних двигунів використовуються ступінь стиснення паливо-повітряної суміші від 14 до 22, а газовий двигун повинен мати ступінь стиску від 12 до 13.

Необхідно відмітити, що зменшення ступені стиску у переобладнаних дизельних двигунах, що переобладнувались в газові, було виконано, як правило, за рахунок розточування камери згорання в поршні базового дизеля. Однак експериментальні дослідження показують, що навіть незначні зміни форми камер згорання в поршнях призводять до значних змін у процесах теплогазомасообміну та згорання. Тому оптимізація камери згорання конвертованого двигуна потребує серйозних розрахункових і експериментальних робіт для забезпечення високих потужних, економічних та екологічних показників двигуна.

В загальному для конвертації дизельних двигунів нафтогазової галузі на газове паливо необхідно виконати таке:

- 1) встановити газобалонну апаратуру;
- 2) зменшити ступінь стиснення базового дизельного двигуна;
- 3) змонтувати систему запалення;
- 4) виконати налаштування системи управління двигуном.



Рисунок 10 – Загальна будова системи запалення для конвертації дизельного двигуна

Газобалонне обладнання пропонується та необхідно монтувати на профільних сертифікованих підприємствах з метою максимального забезпечення вимог техніки безпеки. Вартість моделей газобалонного балонного обладнання та його монтажу бралась як середня по станціях технічного обслуговування і монтажу ГБО України.

Для довготривалої експлуатації двигуна ступінь стиснення треба знижувати до 12-13 за рахунок збільшення внутрішнього об'єму камери згоряння. Це реалізується шляхом розточки днища поршнів або під головку блока циліндрів додатково встановлюються прокладки. Демонтаж головки блока та встановлення додаткових прокладок під головку блока циліндрів є порівняно не складною операцією і може виконуватись, наприклад, на базах виробничого обслуговування УБР. При розрахунках другого пункту конвертації дизельних двигунів нафтогазової галузі на газ використовувалась середня вартість таких робіт по станціях технічного обслуговування автомобілів України.

Реалізація третього та четвертого пунктів конвертації дизельних двигунів нафтогазової галузі на газ потребує більш серйозних зусиль. Кафедрою нафтогазового технологічного транспорту ІФНТУНГ пропонується обладнати дизельні двигуни сучасними електронними цифровими системами запалення власної розробки та виробництва (рис. 10) та виконувати настройку системи управління двигуном. На даний момент є досвід встановлення розробленої електронної системи запалення на чотирициліндровий дизельний двигун.

Економія досягається в результаті використання газового палива, як різниця між витратами на одну мотогодину або на сто кілометрів пробігу на дизельне паливо до конвертації двигуна і витратами на газове паливо після конвертації з врахуванням витрат на газобалонне обладнання та монтаж. Переобладнання можливе

як на метан, так і пропан-бутан залежно від побажань замовника. В залежності від конструктивних особливостей конвертованого двигуна можливе залишення штатної дизельної системи живлення, яка буде використовуватись як резервна у випадку проблем з постачанням газу (в дизельному режимі двигун буде працювати з нижчою потужністю у зв'язку зі зниженням ступеня стиску конвертованого двигуна).

У зв'язку з нестабільним курсом національної грошової одиниці розрахунки окупності будемо проводити в доларах США за курсом Національного банку України на 06.10.2017 р. (26,80 грн./1 долар США).

Точна вартість переобладнання та терміну окупності розраховується у залежності від динаміки цін на паливо, конструктивних особливостей та режимів роботи конвертованого двигуна, виду газового палива, моделі газобалонного обладнання, об'єму і кількості газових балонів, інших чинників і може змінюватись в широких межах. Так, наприклад, вартість газобалонного обладнання першого покоління для 8-циліндрового двигуна починається від 300 доларів США, а четвертого покоління для того ж двигуна – від 900 доларів США.

Середня вартість одного літра дизельного палива на автозаправках України станом на 06.10.2017 року була 0,900 доларів США (24 грн. 13 коп.), вартість одного кубічного метра метану – 0,548 доларів США (14 грн. 68 коп.) або 60,8 % від вартості дизпалива, вартість пропан-бутанової суміші – 0,493 доларів США (13 грн. 22 коп.) або 54,8 % від вартості дизпалива. Тому, з врахуванням ряду інших переваг пропан-бутанових газових систем, переобладнання дизельних двигунів нафтогазової галузі на даний момент представляється більш доцільним на пропан-бутанову суміш.

Для прикладу проведемо розрахунок окупності для підйомної установки УПА-60/80 з максимальним навантаженням на гаку 800 кН на

Таблиця 1 – Середня вартість палива на автозаправках України станом 06.10.2017 та співвідношення між витратою дизельного та газомоторних палив

Функціонування переобладнаного двигуна на видах палива	Відносна витрата палива, %	Середня вартість палива на автозаправках станом 06.10.2017 р., доларів США / грн. (%)	Відносна вартість витраченого після конвертації газу у відношенні до вартості дизпалива, %
На дизпаливі до конвертації	100	0,900 / 24,13 (100)	100
На метані після конвертації, ГБО 1,2 покоління	105-110	0,548 / 14,68 (60,8)	63,84-66,88
На метані після конвертації, ГБО 4 покоління	100-105		60,8-63,84
На пропан-бутані після конвертації, ГБО 1,2 покоління	120-130	0,493 / 13,22 (54,8)	65,76-71,24
На пропан-бутані після конвертації, ГБО 4 покоління	110-120		60,28-65,76

Таблиця 2 – Середня собівартість переобладнання дизельного двигуна в моногазовий

Назва обладнання та робіт	Вартість, дол. США	Примітка
Газобалонне обладнання четвертого покоління, для восьмициліндрового двигуна, виробник – Італія, обладнання + монтаж	900	Газобалонне обладнання другого покоління, для чотирьохциліндрового двигуна італійського виробництва – 300 доларів США
Комплектуючі електронної цифрової системи запалювання для восьмициліндрового двигуна, монтаж системи запалювання та дефорсування для восьмициліндрового двигуна	1500	Комплектуючі системи запалення для чотирьохциліндрового двигуна, монтаж системи запалення та дефорсування для чотирьохциліндрового двигуна, орієнтовно – 1000 доларів США

шасі автомобіля КрАЗ-63221 із двигуном ЯМЗ-238. Згідно паспортних даних установки, вона споживає 0,05 кг/год·кН. Приймемо, що підйомна установка УПА-60/80 буде експлуатуватись при виконанні технологічних процесів з середнім навантаженням на гаку 600 кН, тоді витрата палива складе 30 кг/год. При середній густині дизельного палива 835 кг/м³ витрата дизельного палива в літрах складе 35,92 л/год. Заокруглимо цю цифру до 36 л/год.

Одним з основних чинників, які впливають на економічну доцільність переобладнання дизельних двигунів нафтогазової галузі при їхньому переведенні на газомоторні палива є співвідношення між витратою дизельного та газового палив. Зазначене співвідношення між витратою дизельного та газомоторного палив залежить, в основному, від виду газового палива (стиснений природний газ або зріджена пропан-бутанова суміш) та покоління газобалонної апаратури. Авторами статті проведений аналіз відносних витрат газомоторних палив, усереднені результати якого наведені в таблиці 1. В зазначеній таблиці не наводяться дані по третьому та п'ятому поколіннях газобалонної апаратури. Це пов'язано з тим, що в даний момент третє покоління газобалонної апаратури вже фактично не встановлюється фірмами-установниками газобалонного обладнання, а п'яте покоління газобалонної апаратури ще на погляд авторів статті є не достатньо доведеним газобалонним обладнанням, а тому автори вважають монтаж п'ятого покоління газобалонної апаратури на сучасному етапі не виправданим з точки зору надійності.

Приймаємо, що конвертацію будемо здійснювати на пропан-бутанову газобалонну установку першого покоління. У середньому, згідно таблиці 1 приймаємо, що дизельний двигун ЯМЗ-238 при роботі на пропан-бутановій зрідженій суміші буде використовувати газомоторне паливо з розрахунку на один літр споживання дизельного палива в дизельному режимі до 1,25 літра пропан-бутанової суміші в газомоторному режимі. Згідно проведених розрахунків для підйомної установки УПА-60/80 на шасі автомобіля КрАЗ-63221 із двигуном ЯМЗ-238 з середнім навантаженням на гаку 600 кН витрата дизельного палива становить, в середньому, 36 л/год. Тоді після конвертації дизельного двигуна для роботи на пропан-бутановій суміші витрата газового палива складе 45 л/год.

При ціні одного літра дизельного палива (табл. 1) 0,90 доларів США (24,13 грн.), витрати на дизельне паливо на одну мотогодину роботи підйомної установки УПА-60/80 до конвертації складуть 32,42 доларів США (869 грн.), а після конвертації, при вартості одного літра пропану 0,493 доларів США (13,22 грн.), витрати на паливо на одну мотогодину роботи підйомної установки УПА-60/80 будуть становити 22,20 доларів США (595 грн.). Економія складе 10,22 доларів США на одну мотогодину роботи технологічної установки або 31,5 %.

Орієнтовна собівартість переобладнання наведена в табл. 2. В розрахунку для восьмициліндрового двигуна ЯМЗ-238 для монтажу обране газобалонне обладнання четвертого покоління італійського виробництва, як оптимальне з точки зору співвідношення ціна-якість.

Час роботи до окупності технологічної установки на шасі автомобіля КраЗ із двигуном ЯМЗ-238, згідно проведених розрахунків та собівартості конвертації при використанні газобалонного обладнання четвертого покоління (табл. 2), становить $(1500+900)/10,22=234$ мотогодини або два-три місяці експлуатації УПА-60/80 з врахуванням часу на технічне обслуговування та ремонт установки.

При розрахунках економічної ефективності не враховувалась додаткова економія від збільшення ресурсу циліндропоршневої групи та зменшення витрат на мастильні матеріали.

Ресурс конвертованого двигуна дещо збільшиться оскільки:

- зростання тиску в циліндрах двигуна при згоранні газоповітряної суміші відбувається більш плавно, ніж для дизельного палива;

- ступінь стиснення газового двигуна менше, ніж у дизельного;

- газ майже не містить, на відміну від дизельного палива, сторонніх домішок.

Витрати на мастильні матеріали дещо зменшаться, оскільки газові двигуна менш вимогливі до якості моторних олів та допускають збільшені інтервали заміни. Крім того, якщо є можливість, бажано використовувати спеціальні моторні оливи типу Лукойл Еффорсе 4004 або ShellMysella LA SAE 40. Це не обов'язково, але з ними інтервали заміни моторних олів можна ще додатково збільшити.

Крім цього, необхідно зупинитись ще на деяких додаткових перевагах конвертованих на газове паливо дизельних двигунів:

- високий ресурс вихідного дизельного двигуна, призначеного для роботи з ступенем стиснення 14-22 і високе октанове число газового палива дозволяють використовувати ступінь стиснення конвертованого двигуна – 12-13, а тому переобладнанні на газ дизельні двигуни дозволяють зберегти заводську потужність, а в деяких випадках її можна і дещо збільшити;

- максимальна величина крутного моменту не зміниться і навіть може бути трохи збільшена. При цьому точка досягнення максимального крутного моменту зміститься у бік більш високих оборотів колінчастого вала двигуна;

- рівень шуму конвертованого дизельного двигуна знизиться на 10-15 Дб.

Висновки

З наведених розрахунків можна зробити такі висновки.

З врахуванням динаміки цін в Україні на стиснений природний газ та зріджений пропан-бутан, зниження тривалості роботи техніки на одній заправці метаном у порівнянні з пропан-бутаном та інших чинників більш оптимальним для нафтогазової галузі України, на думку авторів, є конвертація дизельних двигунів на зріджену пропан-бутанову суміш.

При конвертації дизельних двигунів силових приводів бурових установок, технологічного устаткування та нафтогазового технологічного транспорту на газомоторне паливо можна

знизити витрати на паливно-мастильні матеріали, в середньому, на 30-40 %.

Термін окупності при переобладнанні дизельних двигунів силових приводів бурових установок, технологічного устаткування та нафтогазового технологічного транспорту на газомоторне паливо буде складати близько двох-трьох місяців з врахуванням витрат часу на технічне обслуговування та ремонт установок.

При розрахунках економічної ефективності не враховувалась додаткова економія від збільшення ресурсу циліндропоршневої групи та зменшення витрат на мастильні матеріали, тому реальний термін окупності при переобладнанні дизельних двигунів нафтогазової галузі буде ще дещо менший.

Література

1 Марков В.А. Работа дизелей на нетрадиционных топливах / В.А. Марков, А.И. Гайворонский, Л.В. Грехов. – М.: Изд-во «Легион-Автодата». – 2008. – 464 с.

2 Автомобиль-самосвал КамАЗ-65115-32 [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа к источнику: <http://kamaz33.ru/motor-vehicle-kamaz/gazomotorne-avtomobili/avtomobili-samosval-na-metane/samosval-kamaz-65115-32.html>

3 Каталог продукции ООО „НЕФАЗ” [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа к источнику: <http://www.nefaz.ru/products/buses/>

4 Выставка „Газ на транспорте-2015” (GasSuf-2015) [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа к источнику: <http://rusautomobile.ru/2015/10/tri-v-odnom/>

5 Автокран КС-55713-5К-1 на метане. [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа к источнику: http://www.oakaz.ru/catalog/Kranyi_na_gazomotornom_toplive_copu/KS-55713-5K-1_Na_metane/

6 Завод Коммаш. Комбинированная дорожная машина КО-829БГ [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа к источнику: https://www.kommash.ru/ru/catalogue/production/na_metane_kdm/ko_829bg/

7 Автомобиль модели КраЗ-5401 [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа к источнику: <https://mpark.pro/specialization/258-kraz-5401-skip-lift.html>

Стаття надійшла до редакційної колегії
22.11.17

Рекомендована до друку професором Артимом В.І. (ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ) канд. техн. наук Скрипником В.С. (Надвірнянський коледж Національного транспортного університету, м. Надвірна)