

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i,j=1}^n a_{ij} x_i x_j ,$$

где y – исследуемые параметры; a_0 – свободный член уравнения; a_i, a_{ij} – коэффициенты при линейных параметрах и парном взаимодействии факторов соответственно; x_i, x_j – уровни варьирования факторов.

Оценка значимости каждого из коэффициентов производится по критерию Стьюдента, адекватность полученного уравнения регрессии проверяется с помощью критерия Фишера, а проверка однородности оценок проводится по критерию Кохрена [10].

При исследовании способа защиты стенок разгонной трубки модели от износа целесообразно представить полученные уравнения в натуральной форме. Переход к физическим переменным в уравнении регрессии осуществляется следующим образом

$$X_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i} ,$$

где X_i – кодированное значение исследуемого фактора; x_i – натуральное (текущее) значение фактора; x_{i0} – натуральное значение нулевого фактора; Δx_i – интервал варьирования i -го параметра.

Значимость факторов определяется с помощью коэффициента эластичности, показывающего, на сколько процентов изменяется функция при изменении аргумента на единицу (на 1%).

$$\mathcal{E}_i = \frac{a_i x_{i0}}{a_0} ,$$

где x_{i0} – натуральное значение нулевого фактора; a_0, a_i – коэффициенты регрессии.

Коэффициент эластичности

$$\xi = \frac{\mathcal{E}_i}{\mathcal{E}_\Sigma} \cdot 100\% .$$

Выводы. В соответствии с поставленными задачами определена методика проведения экспериментальных исследований по изучению влияния основных геометрических и газодинамических параметров эжектора на характер течения внутри разгонного канала, оснащенного дополнительным подводом энергоносителя.

Представлено описание модели для установления характера воздействия геометрических и газодинамических параметров на эффективность способа защиты стенок разгонного канала от износа за счет дополнительного подвода энергоносителя.

Выбран и обоснован план многофакторного эксперимента, определены исследуемые факторы, уровни их варьирования.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Александров, В.Ю. Оптимальные эжекторы (теория и расчет) / В.Ю. Александров. – М.: Машиностроение, 2012. – 136 с.
2. Аркадов, Ю. К. Новые газовые эжекторы и эжекционные процессы / Ю.К. Аркадов. – М.: Изд-во Физико-математической литературы, 2001. – 336 с.
3. Kürten H., Strömung und Zerkleinerung beim Stoß zweier Gas-Peststoff-Strahlen / H. Kürten, N. Rink, H. Rumpf // *Powder Technology*. – 1971. - vol. 4, no 4. - P. 221-231.
4. Бурыкин, А.А. Теория эксперимента. Курс лекций / А.А. Бурыкин. – Екатеринбург: УРФУ, 2012. – 163 с.
5. Архипов, В.А. Основы теории инженерно-физического эксперимента: учебн. пособие / В.А. Архипов, А.П. Березиков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 206 с.
6. Шевелёва, А.М. Плоская модель для исследования возможности защиты стенок разгонной трубки струйного измельчителя от износа / А.М. Шевелёва, С.В. Тынына // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 117. – С. 103-109.
7. Сидняев, Н.И. Введение в теорию планирования эксперимента: учеб. пособие / Н.И. Сидняев, Н.Т. Вилисова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 463 с.
8. Рыков, В.В. Математическая статистика и планирование эксперимента / В.В. Рыков, В.Ю. Иткин. – М.: Российский государственный ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина, 2008. – 210 с.
9. Лагутин, М.В. Наглядная математическая статистика: Учеб. пособие / М.В. Лагутин. – М.: БИНОМ; Лаборатория знаний, 2007. – 472 с.
10. Лавров, В.В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента / В.В. Лавров, Н.А. Спирин. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. – 257 с.

REFERENCES

1. Aleksandrov, V.Ju. (2012), *Optimalnye jezhektory (teoriya i raschet)*, [Optimal ejectors (theory and calculation)], Mashinostroenie, Moscow, Russia.
2. Arkadov, Ju. K. (2001), *Novye gazovye jezhektory i jezhekcionnye processy*, [New gas ejectors and ejection processes], Izdatelstvo Fiziko-matematicheskoy literatury, Moscow, Russia.
3. Kürten, H., Rink N. and Rumpf, H. (1971), “Strömung und Zerkleinerung beim Stoß zweier Gas-Peststoff-Strahlen“, *Powder Technology*, vol. 4, no. 4, pp. 221-231.
4. Burykin, A.A. (2012), *Teoriya eksperimenta. Kurs lekciy* [The theory of the experiment. Lecture course], URFU, Ekaterinburg, Russia.
5. Arhipov, V.A. and Berezhikov, A.P. (2008), *Osnovy teorii inzhenerno-fizicheskogo jeksperimenta*: [Basic theory of engineering physics experiment], Izdatelstvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, Tomsk, Russia.
6. Shevelyova, A.M. and Tynyna, S.V. (2014), “Plane model for the study of the possibility of accelerating the protection of the walls of the pipe jet grinder wear”, *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 117, pp. 103-109.
7. Sidnyaev, N.I. and Vilisova, N.T. (2011), *Vvedenie v teoriyu planirovaniya eksperimenta* [Introduction to experimental design], Izdatelstvo MGTU im. N.E. Bauman, Moscow, Russia.
8. Rykov, V.V. and Itkin, V.Ju. (2008), *Matematicheskaya statistika i planirovanie eksperimenta*, [Mathematical statistics and experimental design], Rossiyskiy gosudarstvennyy universitet nefti i gaza im. I.M. Gubkina, Moscow, Russia.
9. Lagutin, M.V. (2007), *Nagljadnaja matematicheskaja statistika*, [Transparent mathematical statistics], BINOM, Moscow, Russia.
10. Lavrov, V.V. and Spirin, N.A. (2004), *Metody planirovaniya i obrabotki rezultatov inzhenernogo eksperimenta*, [Planning methods and data processing engineering experiment], GOU VPO UGTU-UPI, Ekaterinburg, Russia.

Об авторах

Шевелёва Анна Михайловна, аспирант, Институт технической механики Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины (ИТМ НАНУ и ГКАУ), Днепрпетровск, Украина, belgorod98@i.ua.

Тынына Сергей Владимирович, магістр, младший научный сотрудник отдела Механики эластомерных конструкций горных машин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, otd-8-11@mail.ru.

About the authors

Shevelyova Anna Mihajlovna, Doctoral Student, Institute of Technical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine and State Space Agency of Ukraine (ITM, NASU & SSAU), Dnepropetrovsk, Ukraine, belgorod98@i.ua.

Tynyna Sergey Vladimirovich, Master of Science, Junior Researcher at the Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, otd-8-11@mail.ru.

Анотація. Розроблено методику експериментальних досліджень впливу основних геометричних і газодинамічних параметрів ежектора на характер плинусу усередині розгінного каналу, оснащеного додатковим підведенням енергоносія. Методика спрямована на проведення експериментальних досліджень по встановленню принципової можливості захисту стінок струминного ежектора за рахунок підведення додаткового потоку енергоносія в змішувальну камеру.

Представлено схему й опис лабораторної моделі для дослідження фізичних процесів, які протікають в ежекторі, що працює в середовищі двофазних газових потоків.

Обрано й обґрунтовано план багатофакторного експерименту, установлені параметри, що піддаються зміні й контролю при проведенні досліджень, а також рівні й інтервали варіювання досліджуваних параметрів. Представлено схему обробки й аналізу результатів експериментальних досліджень по вивченню впливу основних геометричних і газодинамічних параметрів ежектора на ефективність протікання внутрікамерних процесів.

Запропонована методика дозволяє розробити регресійно-статистичну модель ежектора з додатковим підведенням енергоносія, яка, у свою чергу, дозволить розробити конструкцію даного ежектора з удосконаленими геометричними і газодинамічними параметрами.

Ключові слова: багатофакторний експеримент, плоска модель, ежекторний вузол, знос стінок розгінного каналу, додаткове підведення енергоносія.

Abstract. The methods of experimental research of the basic geometric and gas-dynamic **Abstract.** The article presents new methods for experimental studying the ejector basic geometric and gas-dynamic parameters which impact on the flow character inside the accelerating channel equipped with an additional source of energy supply. The methods were designed for experimental study of a possibility to protect the jet ejector walls by providing additional energy flows into the mixing chamber.

The authors describe a design of a laboratory model which was used for studying physical processes occurred in the ejector operating in a medium with two-phase gas flows.

A multivariate experiment plan was drawn and substantiated, parameters were chosen which were subject to be varied and controlled during the study, as well as levels and intervals of the parameters varying. A scheme is presented for processing and analyzing the experimental findings on dependence between the basic geometric and gas-dynamic ejector parameters and efficiency of the processes occurred inside the chamber.

The proposed methods can be used for designing a regression-and-statistical model of the ejector with an additional source of energy supply, which, in its turn, will let to design an ejector with improved geometrical and gas-dynamic parameters.

Keywords: multivariate experiment, two-dimensional model, ejector unit, wear of the accelerating channel walls, additional source of energy supply.

Статья поступила в редакцию 27.07.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук В.П. Надутым

УДК 622.271:629.063.6

Почужевський О.Д., канд. техн. наук
(Державний ВНЗ «КНУ»)

**ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОДИЗЕЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ НА
КОЛІСНОМУ ТРАКТОРІ К-701 ЯК ОДИН З НАПРЯМКІВ
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКСПЛУАТУЮЧОГО ПІДПРИЄМСТВА**

Почужевский О.Д., канд. техн. наук
(Государственное ВУЗ «КНУ»)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОДИЗЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ НА
КОЛЕСНОМ ТРАКТОРЕ К-701 КАК ОДИНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Pochuzhevsky O.D., Ph.D. (Tech.)
(State HEI "KNU")

**USE OF GAS-AND-DIESEL POWER SYSTEM IN THE WHEELED
TRACTORS K-701 AS ONE OF THE METHODS FOR SAVING
RESOURCES BY EXPLOITING ENTERPRISES**

Анотація. У даній статті розглянуто результати натурних досліджень використання газобалонної установки на колісному тракторі загального призначення з підвищеною прохідністю К-701 під час виконання рекультивації земельних ділянок в агрегуванні з різними напівнавісними машинами.

В результаті аналізу експлуатаційних показників на суглинних ґрунтах з вологістю від 18 % до 28 % і твердістю від 0,6 МПа до 3,9 МПа було отримано економічний ефект від 66,7 % до 47,2 % тим самим підтвердивши доцільність використання газодизельної системи живлення на колісних тракторах. З негативних моментів слід зазначити незначне зростання трудомісткості та вартості технічного обслуговування.

На основі отриманих результатів, сформовані подальші напрямки досліджень щодо вдосконалення газобалонної системи живлення дизельних двигунів за рахунок використання мікропроцесорної системи для дозування подачі метану.

Ключові слова: трактор, газодизельна установка, газодизельне пальне, економія пального.

Актуальність. Сьогодні сплеск активності щодо використання альтернативних джерел енергії на транспорті – в кожній країні знаходиться на одному з перших місць. У першу чергу це пов'язано із систематичним щорічним здорожчанням світлих нафтопродуктів, а саме бензину та дизельного пального [1]. Особлива увага пов'язана саме з дизельним паливом, адже саме воно використовується: в сільськогосподарській та будівельній техніці, вантажних автомобілях і залізничному транспорті, морських і річних судах і т.ін.

Така увага навколо даного питання (в Україні та інших країнах світу) пов'язана з тим, що зростання вартості дизельного пального призводить до здорожчання всіх видів робіт, що виконує дана техніка та як наслідок кінцевої продукції.

У зв'язку з цим питання економії енергоресурсів затверджене в кожній країні на державному рівні.

© О.Д. Почужевский, 2015

В Україні це є розпорядженні Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р «Енергетична стратегія України на період до 2030 року».

Основні напрямки досліджень щодо зменшенню витрат пального, сконцентровані в напрямку вдосконалення конструкції двигунів та трансмісії машин, покращення експлуатаційних чинників, підвищення контролю за формування норм витрати паливно-мастильних матеріалів і т.ін. [2, 3, 4]. Однак більшість з них вимагають для досягнення достатнього економічного ефекту, вкладення великих матеріальних та трудових ресурсів і мають незначний. У зв'язку з цим, на сьогодні, одним з актуальних напрямків скорочення витрати дизельного пального є забезпечення роботи дизельних двигунів на суміші дизельного пального та газу (змішаному пальному). У якості останнього може бути використаний стиснений природній газ (метан) або зріджений нафтовий (пропан-бутанова суміш). Переваги використання газобалонного обладнання на дизельних машинах полягають у тому, що [1, 5]: економія дизельного пального може сягати 75-80%; завжди можна повернутися до 100%-го використання дизеля; знижується димність відпрацьованих газів від 2 до 4 разів; зменшуються викиди CO₂; збільшується сумарний запас ходу транспортного засобу в 1,5-1,7 разів; покращується динаміка руху; зменшується тиск в блоках живлення паливом; підвищується ресурс двигуна; диверсифікація пального.

Стан розробки питання. При цьому використання газодизеля – не нове. Вперше використання газодизельного процесу згоряння пального запатентував у 1898 р. Р. Дизель. Однак практичне використання цей спосіб знайшов тільки з 1938 р., головним чином на стаціонарних двигунах [6].

Вантажівки із газодизельними двигунами колись вироблялися в СРСР серійно. Так, з 1987р. Камський автозавод випускав моделі «53208», «53217», «53218» і «53219» з атмосферними двигунами КамАЗ-7409.10. Паралельно велися роботи з доведення турбодизеля КамАЗ-7403 для роботи на бінарному пальному. Алеgrimнули перебудова і розпад СРСР, і роботи в цьому напрямку були припинені.

Роботи з газодизеля проводилися в Україні ще з радянських часів. У Київському транспортному університеті під керівництвом професора К.Є. Долганова групою фахівців був створений перший український газодизельний двигун, призначений для повсякденної експлуатації. Проте розвинути цей безумовний успіх у ті роки не вдалося.

Проте вже в 2003 році фахівці Київського політехнічного інституту в ході робіт з оптимізації газодизеля зуміли внести в базову конструкцію системи газодизеля ряд нововведень, завдяки яким вдалося істотно поліпшити основні технічні параметри і відкрити перспективу до дійсно масового застосування газодизеля. Це забезпечило можливість переобладнання транспортних дизелів в умовах автотранспортних підприємств.

Газодизельна система живлення широко використовується для атмосферних двигунів Ярославського моторного заводу (ЯМЗ-236.238.240). Крім цього вона використовується на сучасних автомобілях КамАЗ, БелАЗ.

Крім того, в наукових установах України та Росії проводили тестування віт-

чизняних тракторів (Т-150, Т-701, МТЗ, ДТ-75 та ін.) з газодизельною установкою і підтвердили доцільність її застосування [5].

Зважаючи на те, що даний напрямок скорочення витрати дизельного пального на сьогодні є досить актуальним та перспективним, доцільно більш детально проаналізувати та дослідити результати випробувань машин оснащених газодизельною системою живлення.

У зв'язку з цим об'єктом досліджень обрано універсальну та багатофункціональну машину у вигляді трактора К-701. Адже саме цей вид техніки досить широко використовується: у сільському (рекультивация земель), лісному та комунальному господарстві, будівництві, промисловості та ін. Важливим моментом є те, що дана машина завдяки своїм підвищеним прохідним властивостям широко застосовується для рекультивации земель.

Викладення матеріалу та результати. Доцільність використання газодизельної системи живлення (газобалонної установки) на колісному тракторі К-701 засновано на дослідженні результатів протоколу випробувань № 03-52-05 (1010011) ФГУ «Владимирская государственная зональная машиноиспытательная станция» [7].

У даному випадку К-701 розглядався як трактор загального призначення, що застосовується на виконанні різних сільськогосподарських робіт (рекультивацию земель) з навісними, напівнавісними і причіпними машинами і знаряддями, в агрегаті з якими можна виконувати оранку, культивацию, боронування, посів, лущення стерні, безвідвальну обробку ґрунту та транспортні роботи.

На серійному зразку трактора К-701 (рис. 1) на задній напів-рамі двигуна змонтовано газобалонне обладнання (ГБО), яке дозволяє двигуну працювати на двох видах пального: дизельному та газодизельному (змішаному пальному - 20-30 % дизпаливо, 70-80% газ метан).



Рисунок 1 - Зовнішній вигляд трактора К-701 з газобалонною установкою

При цьому було розглянуто роботу трактора з трьома видами навісного обладнання: перший це плуг чизельний (ПЧ-4), другий - борона дискова (БДСТ-7,2), третій - агрегат комбінований ґрунтообробний (АПК-6).

Середня глибина обробки (см), закладення рослинних і пожнивних залишків (%), висота гребенів поверхні (см), а також продуктивність відповідно склали (га/г): 35,3 см, 10,0 %, 4,7 см, 3,15 га/год; 20,0 см, 83,1 %, 4,5 см, 6,89 га/год; 15,9 см, 90,0 %, 4,2 см, 7,47 га/год.

Умови експлуатації характеризувалися: ГБО монтувалося на трактор без зміни основних конструкційних параметрів трактора; налаштування ГБО відбувалося вручну; трудомісткість щозмінного газобалонного трактора складає 0,59 люд/год; роботи по монтажу і налаштуванню ГБО, а також експлуатація трактора з ГБО – проводилися з дотриманням всіх заходів безпеки.

Газобалонне обладнання трактора включає в себе: газові балони з арматурою (балони розділені на дві секції по 9 балонів у кожній), два газових фільтра, два електромагнітних клапана високого тиску, два редуктора високого тиску, двоступінчастий редуктор низького тиску, дозатор газу, змішувач, механізм установки запальної дози, заправний пристрій, шланги, трубки, електрообладнання, манометр, перемикач виду пального.

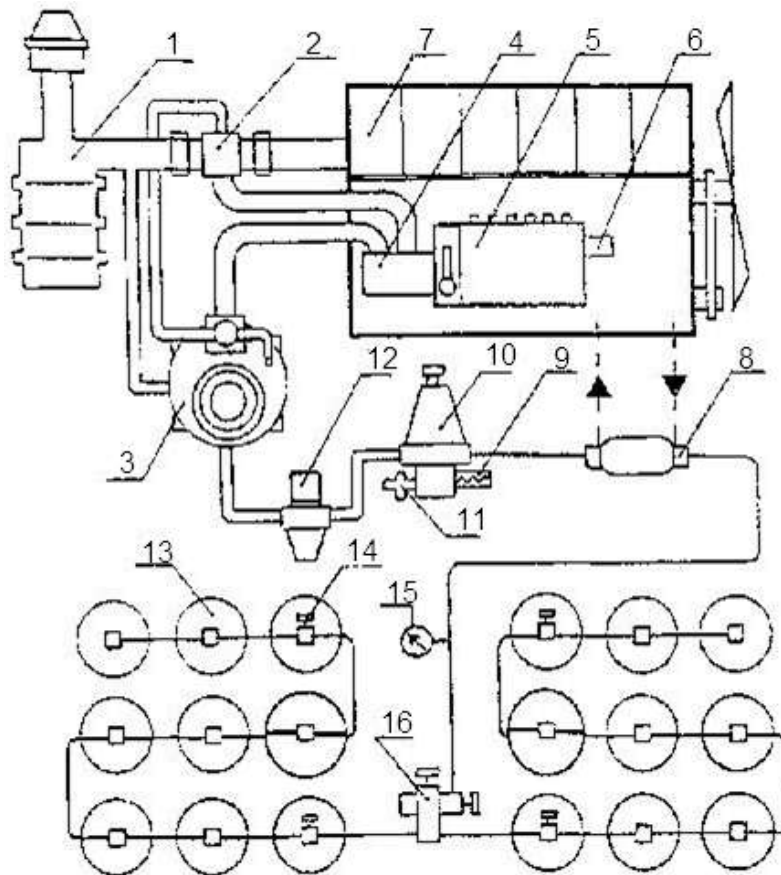
Слід зазначити, що ГБО не змінює габаритні розміри трактора К-701. Однак, у результаті переоснащення, було збільшено експлуатаційну масу трактора з 13500 до 14700 кг. Місткість одного газового балона становить 51 л, а усіх 18-ти - 918 л метану.

Робочий тиск у газових балонах при повній заправці досягає величини 20 МПа, з'єднання балонів у секціях послідовне. Заправка здійснюється через заправний пристрій.

При роботі двигуна на газодизелі, рейка паливного насоса високого тиску забезпечує тільки запальний дозу дизельного пального в камері згоряння, необхідну для забезпечення займання суміші. Хід рейки обмежується механізмом запальної дози.

Подача газу в циліндри здійснюється через впускний колектор двигуна. Процес подачі відбувається в наступному порядку: з балонів обох секцій стиснений газ трубопроводами високого тиску подається до електромагнітних клапанів, попередньо пройшовши очищення від твердих домішок у фільтрах, після відкриття електромагнітних клапанів газ подається до редукторів високого тиску (РВТ), де відбувається зниження тиску газу до 0,8-1,2 МПа (8,0-12,0 кг/см²), при зниженні тиску в РВТ відбувається падіння температури газу, тому для його підігріву до РВТ подається рідина від системи охолодження двигуна гумовими рукавами (шлангами), після цього газ від двох редукторів високого тиску через трійник надходить до двоступінчастого редуктора низького тиску (РНТ), де відбувається подальше зниження тиску газу до величини рівної 20 мм водяного стовпа, далі газ надходить до дозатора, потім до змішувача і по впускному колектору в циліндри двигуна.

На рис. 2 зображено схему системи живлення трактора К-701.



1 - очисник повітря; 2 - змішувач; 3 - РНТ; 4 - дозатор; 5 - паливний насос високого тиску; 6 - обмежувач запальний дози рідкого палива; 7 - дизельний двигун ЯМЗ-240Н; 8 - підігрівач газу; 9 - запобіжний клапан; 10 - РВТ; 11 - датчик тиску; 12 - електромагнітний клапан-фільтр; 13 - балон; 14 - витратний вентиль; 15 - манометр; 16 - хрестовина із заправним і витратним вентильми

Рисунок 2 - Схема системи живлення газодизеля трактора К-701

Однак для визначення загальних економічних витрат пального врахуємо під час використання ГБО витрати метану, а також приймемо середню вартість і щільність дизельного пального та метану - відповідно 18,0 грн/л і 0,85 кг/л, 10 грн/м³ і 0,59 кг/м³.

Провівши аналіз отриманих даних (табл. 1) встановлено, що у складі з агрегатом ПЧ-4, БДСТ-7,2 та АПК-6 досягнуто:

- збільшення робочої швидкості руху К-701 з 7,59 до 7,73 км/год, з 9,2 до 9,84 км/год і з 9,9 до 10,1 км/год, що відповідно складає 1,8, 6,5 і 2,0 %;

- зростання технологічної продуктивності трактора з 2,68 до 2,72 га/год, з 5,84 до 6,21 га/год і з 6,59 до 6,7 га/год, відповідно складає 1,5, 6,0 і 1,6 %;

- зменшення споживання дизельного пального відповідно на 77,3, 70,3 і 79,2 %, при цьому під час використання газодизеля з'явилися витрати метану відповідно 4,7, 4,54 та 4,01 кг/га або ж 2,8, 2,7 та 2,4 м³/га;

- зменшення сумарних витрат на обробку одно га відповідно з 261,9 до 146,5, з 115,8 до 95,6 і з 80,9 до 57,3 що відповідає економії на пальному у розмірі 66,7, 47,2 та 50,0 %.

Таблиця 1 – Результати випробувань роботи трактора К-701 на дизельному та газодизельному пальному

Тип пального	Вид робіт	Склад агрегату	Робоча швидкість, км/год	Технологічна продуктивність за год., га	Витрати пального на одиницю виконуваної роботи		Витрати на пальне ДП+(метан), грн/га
					метан, нм ³ /га (кг/га)	дизельне пальне, кг/га	
Дизельне пальне (ДП)	Безвідвальна обробка ґрунту	К-701 (ДП)+ПЧ-4	7,59	2,68	-	17,12	261,9
	Дискування ґрунту	К-701 (ДП)+БДСТ-7,2	9,2	5,84	-	7,57	115,8
	Обробка ґрунту комбінованим агрегатом під посів	К-701 (ДП)+АПК-6	9,9	6,59	-	5,29	80,9
Газодизель (ГД)	Безвідвальна обробка ґрунту	К-701 (ДП)+ПЧ-4	7,73	2,72	4,7 (3,31)	3,88	59,4+(87,1)=146,5
	Дискування ґрунту	К-701(ДП)+БДСТ-7,2	9,84	6,21	4,54 (3,20)	2,25	34,4+(61,2)=95,6
	Обробка ґрунту комбінованим агрегатом під посів	К-701(ДП)+АПК-6	10,1	6,7	4,01 (2,82)	1,1	16,8+(40,5)=57,3

При цьому незважаючи на значні економічні результати, слід пам'ятати що загальна ефективність (економія) буде трохи меншою, адже сюди слід додати та врахувати:

- збільшення трудомісткості і вартості ТО машин (трудомісткість ТО-1 збільшується з 3,87 до 4,0 люд-год, ТО-2 з 10,5 до 13,49 люд-год, а ТО-3 з 23,9 до 28,88 люд-год.);
- необхідність проведення підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу;
- проведення оновлення обладнання підприємства з експлуатації даної техніки для проведення і якісного ТО і ремонту машин.
- витрати пов'язані поточними ремонтами газодизельної системи та ін.

Необхідно також враховувати, що ефективність буде досягнуто через певний проміжок часу (термін окупності), який в середньому, при річному напруженні 1400 мото-год складає від близько 2 років. Також не слід забувати, що окрім скорочення витрати дизельного пального, газодизельний процес дозволяє досягти поліпшення екологічного стану агроєкосистеми, підвищення родючості ґрунтів, їх окультуреність, зниження забрудненості атмосферного повітря і землі, приріст біологічного та екологічного потенціалу сільськогосподарських культур.

Під час аналізу результатів випробувань трактора К-701 з газодизельною си-