



ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 63.658.26(035.5)

Божок А.М.

к.т.н., доцент

E-mail: ta@pdatu.edu.ua

Дуганець В.І.

к.т.н., доцент

E-mail: duganec-viktor@rambler.ru

Майсус В.В.

старший викладач

E-mail: ta@pdatu.edu.ua

Олексійко С.І.

асистент

E-mail: ta@pdatu.edu.ua

Пукас В.І.

аспірант

E-mail: ovstt@i.ua

*кафедра тракторів, автомобілів та енергетичних засобів
Подільський державний аграрно-технічний університет
м. Кам'янець-Подільський, Україна*

ПІДВИЩЕННЯ ПРОХІДНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ ДВИГУНІВ

Анотація

Низький якісний стан доріг від ожеледиці та бездоріжжя в зимовий період є причиною аварій, перевитрати двигунами палива, форсованого зносу шин, пониження продуктивності через простоювання транспортних засобів. Тому покращення експлуатаційних показників диктує потребу в підвищенні прохідності транспортних засобів в умовах ожеледиці та бездоріжжя.

Для підвищення прохідності по дорогах з ожеледицею пропонується пристрій руйнування льоду теплотою димових газів двигуна транспортного засобу, що реалізується установленням на вихлопну трубу вузла розподілу димових газів в складі патрубків центрального, лівого і правого бортів, усередині яких на спільній вісі закріплені заслінки. Основні технологічні і конструктивні параметри пристрою визначаються за допомогою наведених у публікації методики і рекомендацій. За результатами досліджень запропоновано принципово новий навісний пристрій для підвищення прохідності транспортних засобів з використанням теплоти димових газів двигуна. Запропонований пристрій простий за конструкцією, зручний в роботі і експлуатації. Використання його підвищить ефективність експлуатації транспортних засобів в зимовий період по дорогах з ожеледицею і бездоріжжям.

Ключові слова: димовідвідний тракт, діафрагма, ресивер, металорукав, сопло, пневматичний привод, фіксатор, заслінка, пневматична камера, пневморозподільник, рукоятка, манометр.

Вступ. Одним із чинників, понижуючих вихідні показники транспортних засобів в зимовий період їх експлуатації являється якісний стан доріг викликаний ожеледицею та бездоріжжям. Останнє спричинює аварії, а через буксування – перевитрату двигунами палива, форсований знос шин, простой, пониження середньої швидкості руху і продуктивності транспортних засобів [1, 2, 4]. Тому покращення експлуатаційних показників диктує потребу в підвищенні прохідності транспортних засобів в умовах ожеледиці та бездоріжжя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед відомих засобів підвищення прохідності автомобілів по бездоріжжю знайшли застосування аркові шини. Для поліпшення зчіпних якостей колісних тракторів на вологих ґрунтах збільшувалась їх зчіпна вага, приєднанням чавунних тягарів, заливанням води у камери шин, а для зниження буксування використовувались механічні і гідравлічні довантажувачі ведучих коліс, дія яких ґрунтувалась на зменшенні навантаження на опорних колесах працюючого з трактором знаряддя і збільшенні навантаження на ведучих колесах. Відомі також засоби підвищення зчіпних якостей колісних тракторів, які поліпшують взаємодію ведучого апарата з ґрунтом. До них належать напівгусеничні ходи, ґратчасті колеса і ґрунтозачіпки різних типів. В напівгусеничному ході гусенична стрічка, надіта на ведуче і натягне колеса має велику площу опори і завдяки цьому добре зчеплення з ґрунтом. Ґратчасті розширювачі і відкидні ґрунтозачіпки прикріплюються до диска колеса, останні з яких дають можливість легко переводити їх у неробоче положення при переїзді по твердому дорожньому покриттю. На пухких ґрунтах більш ефективні ґратчасті, а на вологих щільних ґрунтах – відкидні ґрунтозачіпки [2, 3].

Відомі пристрої (Патенти США №2201632 і Німеччини №673358) для підвищення прохідності транспортних засобів із спареними ведучими колесами, між якими установлений диск з ґрунтозачіпками, з меншим від них діаметром з можливістю ручного введення диска у взаємодію з дорожнім покриттям, що пов'язане з втратою часу і незручностями. Більш ефективною є система автоматичного введення диска при буксуванні спарених коліс, з датчиками їх частоти обертання і виконавчим механізмом повітророзподілювання в порожнинах шин коліс (Патент України №7999). Однак, не всі відомі пристрої можуть бути використані для підвищення прохідності транспортних засобів на дорогах з ожеледицею, а ті що механічно руйнують лід небезпечні через можливість руйнування твердого покриття доріг.

Мета дослідження. Метою статті є розробка конструкцію і рекомендації по визначенню основних технологічних і конструктивних параметрів пристрою з можливістю руйнування льоду тепловим способом.

Результати. Запропоновано принципово новий (Патент України №91487) навісний пристрій для підвищення прохідності транспортних засобів з використанням теплоти димових газів двигуна. Основним його елементом є вузол 23 розподілу потоку димових газів, з'єднаний за допомогою фіксатора 37 з димовим трактом 2 транспортного засобу 1 (Рис. 1). Вузол 23 виконаний у вигляді центрального 33, лівого 32 і правого 14 патрубків бортового відведення димових газів, усередині яких на спільній вісі 35 закріплені у перпендикулярних площинах заслінки 26,34,36. Вихід центрального патрубка 33 вільний, а до виходів патрубків 14,32 герметично одними кінцями приєднані гнучкі металорукави 4,29, другі кінці яких зв'язані із соплами 31,5. Для керування і змінювання положень заслінок 26,34,36 і металорукавів 4,29 із соплами 31,5 використовується система важелів і тяг.

Система складається із центральної поздовжньої тяги 8, з'єднаної через важелі 24,10 з патрубком 33 і поперечною тягою 9, до кінців якої шарнірно приєднані бокові тяги 25,12, які зв'язані з одними плечами двоплечих важелів 28,13, протилежні плечі яких з'єднані з патрубками 32,14, а їх середні точки – із виконавчими важелями 30,3 зв'язаними із соплами 31,5, з віссю 35 заслінок 26,34,36 з'єднані важелі 27,11 їх повороту, взаємодіючі з тягами 25,12.

Для привода в дію металорукавів 4,29 із соплами 31,5 і заслінок 26,34,36 використовується пневмопривід в складі камери 38, корпуса 21, кришки 7, між якими закріплена діафрагма 20, зв'язана з центральною тягою 8. Між діафрагмою і кришкою установлена пружина 22. Порожнина "а" між кришкою 7 і діафрагмою 20 сполучена з атмосферою, а порожнина "в" між корпусом 21 і діафрагмою 20 через пневмолінію 17, пневморозподільник 18 стисненого повітря – з атмосферою, або через пневмолінію 16 – із ресивером 15 транспортного засобу.

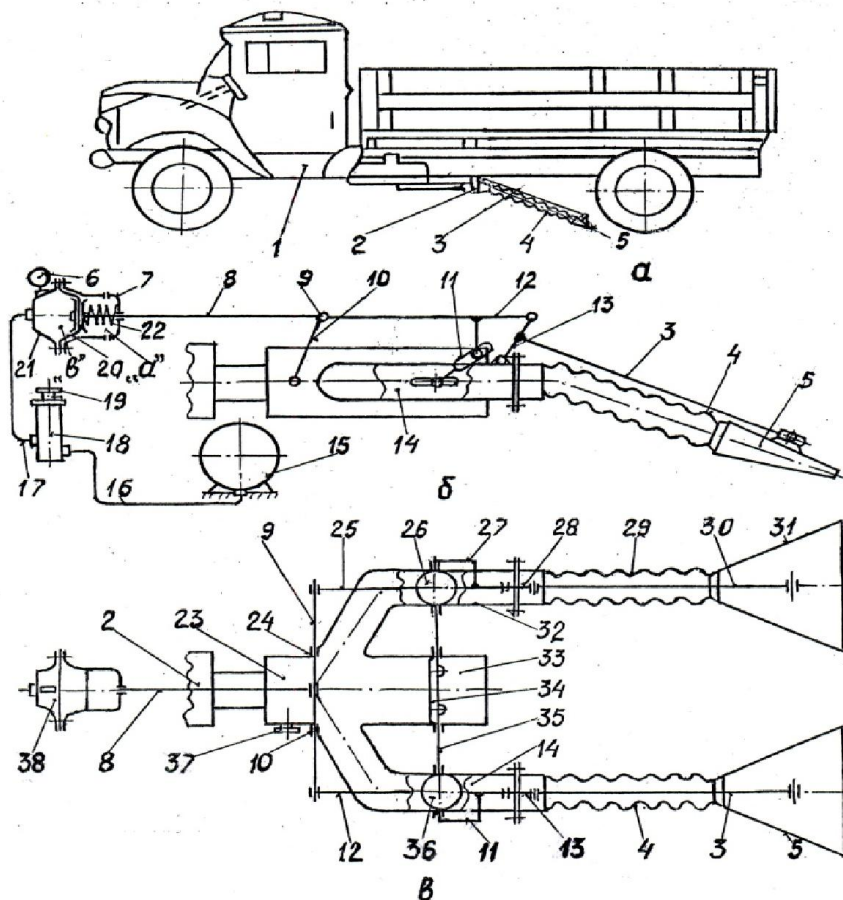


Рис. 1. Принципова схема пристрою для підвищення прохідності транспортних засобів:

- а) загальний вигляд транспортного засобу з пристроєм;
- б) загальний вигляд пристрою збоку;
- в) загальний вигляд пристрою зверху.

Розподільник 18 складається з корпусу і усередині розміщеного золотника з рукояткою 19 і покажчика його настроювання за мітками "атмосфера", "ресивер", "закрито", нанесеними на кришці. Тиск повітря в порожнині "в" контролюється манометром 6.

У випадку руху транспортного засобу дорогою з відсутньою ожеледицею чи іншого бездоріжжя, коли нема потреби використовувати теплоту димових газів, тиск у порожнині "в" камери 38 рівний атмосферному і пружина 22 переміщує діафрагму 20 вліво і через тяги 8,9,25,12 і важелі 28,13 утримує важелі 30,3 з металорукавами 29,4 і соплами 31,5 у верхньому положенні. При цьому покажчик рукоятки 19 установлений проти мітки "атмосфера".

У випадку руху транспортного засобу по поверхні дороги з ожеледицею рукояткою 19 покажчик установлюється проти мітки "ресивер". Тоді стиснене повітря із ресивера 15 через пневмолінію 16, розподільник 18 і пневмолінію 17 поступає в порожнину "в" камери 38 і за показами манометра 6 фіксується рукояткою на мітці "закрито". В результаті підвищення тиску повітря в камері "в" діафрагма 20, долаючи опір пружини 22, переміщується вправо і через тяги 8,9,26,12 і важелі 28,13 опускає важелі 30,3 із соплами 31,5 у таке нижнє положення, при якому виходящі із сопла димові гази будуть руйнувати лід. При цьому інтенсивність руйнування льоду залежить від його товщини, швидкості руху транспортного засобу, висоти фіксації сопел, температури навколишнього середовища і димових газів, яка змінюється залежно від режимів роботи двигуна. Тривалість роботи пристрою визначається водієм за візуальною оцінкою стану поверхні дороги, наявним буксуванням ведучих коліс і може періодично, при русі транспортного засобу, з місця сидіння ним змінюватися. Висота фіксації сопел над поверхнею дороги залежить від тиску в порожнині "в", який безступенево регулюється рукояткою розподільника.

Для розрахунку димового тракту і регулювання тепловими процесами, необхідна кількісна оцінка процесу тепловіддачі двигуна, на які впливають його швидкісні та навантажувальні режими роботи.

Кількість теплоти, що виноситься з димовими газами двигуна визначається за наступним виразом [4]

$$Q_{\text{дим}} = \frac{G_{\text{п}}}{3,6} [G_{\text{дим}} \cdot \mu C_p /_{t_{\text{н.с.}}}^{t_{\text{дим}}} \cdot t_{\text{дим}} - G_{\text{г.с.}} \cdot \mu C_p /_{t_{\text{н.с.}}}^{t_{\text{к}}} \cdot t_{\text{к}}], \quad (1)$$

де $G_{\text{п}}$ - годинна витрата палива, кг/год.;

$G_{\text{г.с.}}$ - кількість горючої суміші, $\frac{\text{кмоль. гор.сум.}}{\text{кг. пал}}$,

$$G_{\text{г.с.}} = \alpha L_o, \quad (2)$$

де L_o - теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 кг палива

$$L_o = \frac{1}{208} \left[\frac{C}{12} + \frac{H_2}{2} - \frac{O}{32} \right], \quad (3)$$

де C , H і O - середній елементарний склад палива у вагових частках;

α - коефіцієнт надлишку повітря;

$G_{\text{дим}}$ - загальна кількість продуктів згорання, $\frac{\text{кмоль. пр.зг.}}{\text{кг. пал}}$.

$$G_{\text{дим}} = \frac{C}{12} + \frac{H_2}{2} + 0,208(\alpha - 1)L_o + 0,792L_o, \quad (4)$$

де $\mu C_p /_{t_{\text{н.с.}}}^{t_{\text{дим}}}$ - кіломольна ізобарна теплоємність залишкових газів,

$\kappa_{Дж}/\text{кмоль} \cdot \text{град.}$, визначається за формулою

$$\mu C_p = \mu C_v + R_\mu, \quad (5)$$

де μC_v - кіломольна ізохорна теплоємність залишкових газів, $\kappa_{Дж}/\text{кмоль} \cdot \text{град.}$, визначається з таблиць методом інтерполяції залежно від α ;

R_μ - кіломольна газова стала, рівна 8,315 $\kappa_{Дж}/\text{кмоль} \cdot \text{град.}$;

$\mu C_p / t_{н.с.}^{t_{дйм}}$ - кіломольна ізобарна теплоємність горючої суміші, $\kappa_{Дж}/\text{кмоль} \cdot \text{град.}$,

знаходиться за формулою (5), в якій значення μC_v обчислюється методом інтерполяції з таблиць для повітря при

$$t_{н.с.} = T_{н.с.} - 273, \quad (6)$$

$t_{дйм}$ - температура димових газів, рівна

$$t_{дйм} = T_{дйм} - 273, \quad (7)$$

$t_{н.с.}$ - температура навколишнього середовища.

З врахуванням (4) і значення R_μ формула (1) набуде вигляду

$$Q_{дйм} = \frac{G_{п.}}{3,6} [G_{дйм} \times (\mu C_v / t_{н.с.}^{t_{дйм}} + 8,315) \cdot t_{дйм} - G_{г.с.} (\mu C_v / t_{н.с.}^{20} + 8,315) \cdot t_{н.с.}]. \quad (8)$$

Теплота від двигуна до бортових сопел переноситься димовими газами, які проходять окремі дільниці локального від кожного з них і спільного димовідвідного тракту з віддачею частини теплоти навколишньому середовищу. Кількість теплоти, переданої димовими газами, залежить від габаритних розмірів, матеріалу димовідвідного тракту, наявності теплоізоляції, а також швидкості руху теплоносія.

Загальна кількість теплоти, переданої димовідвідним трактом при роботі двигуна буде рівна

$$Q_{дйм.г.} = \sum_{i=1}^n Q_{дйм.г.i}, \quad (9)$$

де $Q_{дйм.г.}$ - загальна кількість теплоти, Дж/с;

$\sum_{i=1}^n Q_{дйм.г.i}$ - кількість теплоти переданої i -м участком димовідвідного тракту,

Дж/с, визначається за формулою

$$Q_{дйм.г.i} = n l_i k_i (t_{ср}^{дйм} - t_{ср}^{нов}), \quad (10)$$

де l_i - довжина участка, м;

k_i - коефіцієнт теплопередачі від димових газів повітря на i -му участку,

Вт/м · град.;

$t_{ср}^{дйм}$ і $t_{ср}^{нов}$ - середні температури димових газів і повітря на i -му участку

димовідвідного тракту, визначається як середнє арифметичне значення початкової і кінцевої температури, $^{\circ}\text{C}$;

n - кількість дільниць димовідвідного тракту.

Коефіцієнти теплопередачі визначаються за наступною формулою

$$K_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_{1i}} + \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{2i}}{d_{1i}} + \frac{1}{\alpha_2 d_{2i}}}, \quad (11)$$

де d_1 і d_2 - внутрішній і зовнішній діаметр одношарового димовідвідного тракту i -му участку, м;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінок димовідвідного тракту i -ого участка, $Вт/м \cdot град.$;

α_1 і α_2 - коефіцієнти тепловіддачі відповідно від димових газів до стінки і від неї навколишньому повітрю, $Вт/м \cdot град.$

Кількість повністю зруйнованого димовими газами льоду знаходиться за виразом [5]

$$m_n = \frac{Q_{\text{дим}}}{q_{\text{пл}} \cdot 10^3}, \quad (12)$$

де $q_{\text{пл}} = 335$ $кДж/кг$ - холодильна потужність 1 кг льоду;

m_n - кількість зруйнованого льоду, кг.

При пневматичному приводі бортових сопел доцільно використовувати стиснене повітря штатної пневматичної системи двигуна, а виконавчим механізмом – підпружинену діафрагму з опорою в центрі і закріпленій по зовнішньому периметру. Зусилля, що передається на центральну опору буде рівне [7]

$$P_n = pF_{\text{еф}} = p \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 + DD_1 + D_1^2), \quad (13)$$

де P_n - зусилля діафрагми, H ;

p - тиск повітря, діючого на діафрагму, $Па$;

$F_{\text{еф}}$ - ефективна площа діафрагми, $м^2$;

D - діаметр діафрагми закріплення, $м$;

D_1 - діаметр жорсткого центра діафрагми, який здебільшого приймається рівним 80% діаметра діафрагми у світлі.

Переміщення поздовжньої тяги зв'язаної з опорою діафрагми в діапазоні повного кута повороту виконавчих важелів із соплами визначається за виразом

$$h_m = l \sin \varphi, \quad (14)$$

де h_m - переміщення поздовжньої тяги, $м$;

l - довжина двоплечих важелів з'єднуючих тягу із бортовими соплами, $м$;

φ - кут повороту двоплечих важелів від неробочого в напрямку введення сопла в робоче положення, $град.$

Таким чином, запропонований навісний пристрій сезонного використання дасть можливість руйнувати лід на поверхні дороги теплотою димових газів, в кількості 20...30% від спалюваного в циліндрах двигуна палива, з підвищенням прохідності транспортних засобів.

Висновки і перспективи. Виконаний аналіз схемних і конструктивних рішень відомих пристроїв для підвищення прохідності транспортних засобів показав, що механічне руйнування льоду викликає пошкодження твердих поверхонь доріг, тому вони не можуть бути використані на дорогах з ожеледицею. Для усунення недоліків, пов'язаних із буксуванням транспортних засобів, розроблений пристрій руйнування льоду перед ведучими колесами направленням на нього через сопла димових газів двигуна. Рекомендації і методика розрахунку основних технологічних і конструктивних параметрів можуть бути використані при розробці аналогічних пристроїв з

використанням теплоти димових газів двигунів внутрішнього згорання. Подальшими удосконаленнями пристрою передбачається заміна ручного керування його роботою на автоматичне за сигналами частоти обертання ведучих коліс обох бортів.

Список використаних джерел

1. Боровский, Б.Б. Безопасность движения автомобильного транспорта [Текст] / Б.Б.Боровский. – Л.: Лениздат, 1984. – 304 с.
2. Гуревич, О.М. Трактори і автомобілі [Текст] / О.М.Гуревич, Є.М.Сорокін. – К. : 1965. – 560 с.
3. Селиванов, И.И. Автомобили и транспортные гусеничные машины высокой проходимости [Текст] / И.И.Селиванов. – М.: Наука, 1967. – 272 с.
4. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и транспортных двигателей [Текст] : учеб. пособие для вузов / А.И.Колчин, В.П.Демидов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1980. – 400 с.
5. Драганов, Б.Х. Использование возобновляемых и вторичных энергоресурсов в сельском хозяйстве [Текст] / Б.Х.Драганов. – К. : Вища школа, 1988. – 56 с.
6. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства [Текст] / Л.С.Герасимович, А.Г.Цубанов, Б.Х.Драганов и др. – Мн: Ураджай, 1993. – 368 с.
7. Емельянов, А.И. Практические расчеты в автоматике [Текст] / А.И. Емельянов, В.А. Емельянов, С.А.Калинина. – М. : Машиностроение, 1967. – 316 с.
8. Бронштейн, И.Н., Семендяев К.С. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВУЗов [Текст] / И.Н. Бронштейн, К.С. Семендяев. – М. : Наука. Главная редакция физ. мат. литературы, 1981. – 720 с.

*Дата надходження статті до редакції: 14.09.2016.
1 рецензування: 20.10.2016. Прийняття в друк: 19.11.2016*

Bozhok A.M.

*Ph.D. (in Engineering), Associate Professor
E-mail: ta@pdatu.edu.ua*

Duhanets V.I.

*Ph.D. (in Engineering), Associate Professor
E-mail: duganec-viktor@rambler.ru*

Maisus V.V.

*Senior Lecturer
E-mail: ta@pdatu.edu.ua*

Oleksijko S.L.

*Assistant
E-mail: ta@pdatu.edu.ua*

Pukas V.L.

*Ph.D. student
E-mail: ovstt@i.ua*

*Department of Tractors, Cars and Energy Means
State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

RESEARCH ON RAISING THE TRANSPORT PASSABILITY APPLYING THE HEAT OF ENGINE FLUE GAS

Abstract

Low-quality of roads due to snow and sleet in winter cause the accidents, waste of fuel, forced tire over inflation, vehicle downtime. Therefore, the improvement of operational indicators shows the need for enhancing practicability in terms of snow and sleet.

To increase road practicability in terms of ice and sleet the ice destruction device is offered with the help of flue engine gases warmth, that is realized by installing the flue gas distribution unit in the structure of central, left and right sides inside which the flaps are fixed on the common axis. The main technological and structural parameters of the device are determined by using methods and recommendations given in the paper. The results of the study suggested a new hitch to improve road practicability of transport means with the help of flue gas engine. The proposed device is simple in design, convenient in operation and maintenance. It's usage will increase the efficiency of the transport operation in bad winter weather.

Keywords: smoke remover tract, diaphragm, receiver, metal hose, nozzle, pneumatic drive, retainer, valve, pneumatic, air distributor, handle, pressure gauge.

References

1. Borovskij, B.B. (1984). *Bezopasnost' dvizhenija avtomobil'nogo transporta* [Traffic safety of road transport]. Leningrad : Lenizdat, 1984.
2. Gurevich, O.M., & Sorokin, E.M. (1965). *Tractoru i avtomobili* [Tractors and cars]. Kiev : Urojai.
3. Selivanov, II (1967). *Avtomobili i transportnye gusenichnye mashiny vysokoj prohodimosti* [Cars and Transport tracked vehicles off-road]. Moscow : Nauka.
4. Kolchin, A.I., & Demidov, V.P. (1980). *Raschet avtomobil'nyh i transportnyh dvigatelej* [Calculation of motor vehicles and engines. Moskva : Vyssh. Shkola [Moscow Moscow: Higher School].
5. Draganov, B.H. (1988). *Ispol'zovanie vozobnovljaemyh i vtorichnyh jenergoresursov v sel'skom hozjajstve* [The use of renewable and secondary energy resources in agriculture]. Kiev : Vishcha School.
6. Gerasimovich, L.S., Tsubanov, A.G., & Draganov, B.H. (Eds.) (1993). *Spravochnik po teplosnabzheniju sel'skogo hozjajstva* [Directory of District Heating agriculture]. Minsk : Uradszhay.
7. Emelyanov, A.I., Emelyanov, V.A., & Kalinina, S.A. (1967). *Prakticheskie raschety v avtomatike* [Practical calculations in automation]. Moscow : Mashinostroenie [Mechanical engineering].
8. Bronstein, I.N., & Semendyaev, K.S. (1981). *Spravochnik po matematike dlja inzhenerov i ushhashhihsja VUZov* [Handbook of mathematics for engineers and universities uschaschihsya]. Moscow : Science. Home Edition nat. mat. literature.

Received: 09/14/2016.

1st Revision: 10/20/2016. Accepted: 11/19/2016