

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В КАБИНАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

*Светлана Тарасенко<sup>1</sup>, Сергей Кюрчев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины  
Украина, г. Киев, ул. Героев Оборон, 15*

<sup>2</sup>*Таврический государственный агротехнологический университет  
Украина, г. Мелитополь, пр. Богдана Хмельницкого, 18*

*Svyetlana Tarasenko<sup>1</sup>, Sergey Kyurchev<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
Heroiv Oborony Str. 15, Kiev, Ukraine*

<sup>2</sup>*Tavrichesky Agrotechnological State University  
Avenue Bohdan Khmelnytsky, 18, Melitopol, Ukraine*

**Аннотация.** Проведен анализ условий, влияющих на энергосбережение в кабинах сельскохозяйственных машин.

**Ключевые слова:** кабина, машина, энергия, конструкция.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Условия в кабинах самоходных сельскохозяйственных машин существенно влияют на самочувствие и работоспособность оператора. Особые требования предъявляются к тепловому режиму кабин, то есть значениям параметров микроклимата и их градиентов, величинам и направлениям кондуктивных, конвективных и радиационных тепловых потоков.

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вследствие незначительного термического сопротивления светопрозрачных ограждений кабин в зимний период имеют место небольшие потери теплоты из помещения в окружающую среду. В летнее время – наоборот перегрев создает дискомфорт для оператора. Кроме этого, на тепловой режим в кабине оказывает влияние находящийся в ней человек.

Большая часть теплоты выделяется телом человека путем излучения (42...44%), а конвекцией выделяется 32...35% [1]. При понижении температуры окружающей среды доля теплоотдачи излучением увеличивается.

Для снижения уровня теплообмена кабин с окружающей средой, и обеспечения ком-

фортных условий работы, могут быть использованы различные пути и средства. В этом отношении большой опыт имеется по эксплуатации кабин космических кораблей и самолетов. Хотя условия эксплуатации этих кабин иные, чем кабин наземных машин, принципы энергосбережения и обеспечения требуемого микроклимата могут представлять интерес и, до определенной степени, быть использованы.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью наших исследований является определение степени влияния технологических факторов на эффективность конструкции кабин сельскохозяйственных машин для использования в энергетических целях.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Если рассматривать экранно-вакуумную тепловую изоляцию как сплошную среду, то уравнение теплопроводности через слой можно записать следующим образом:

$$c\rho \frac{dt}{d\tau} = \frac{d}{dx} \left[ \lambda(x,t) \frac{dt}{dx} \right]; \quad (1)$$

при граничных и начальных условиях

$$x=0, \quad -\lambda_{\text{эф}} \frac{dt}{dx} = q_{\text{внеш}} - \varepsilon\sigma T^4;$$

$$x=\delta, \quad -\lambda_{\text{эф}} \frac{dt}{dx} = k(t - t_k);$$

$$\tau=0, \quad t=t_0,$$

где:  $\lambda_{\text{эф}}$  – эффективная теплопроводность слоя экранно-вакуумной изоляции;

$q_{\text{внеш}}$  – плотность внешних тепловых потоков;

$k$  – коэффициент теплопередачи;

$t_k$  – температура элемента кабины, защищаемого экранно-вакуумной тепловой изоляцией.

При этом  $\lambda_{\text{эф}}$  равняется термическому сопротивлению теплоизоляции и может быть определен из уравнения:

$$\lambda = \delta [4\varepsilon_{\text{пр}}\sigma T_i^3 + k], \quad (2)$$

где:  $\delta$  - толщина слоя;

$\varepsilon_{\text{пр}}$  - приведенная степень черноты между двумя слоями;

$T_i$  - температура поверхности соответствующего слоя, К.

Заметим, что замкнутая воздушная прослойка между экраном и ограждением может до определенной степени служить аналогом экранно-вакуумной тепловой защиты.

Наиболее простым и распространенным средством теплозащиты и, следовательно, энергосбережения, получили распространение подсистемы на основе однородной теплоизоляции. Основными составляющими такой подсистемы являются один или несколько слоев теплоизоляции.

Вследствие этого более результативным является процесс отвода теплоты через образуемый вентилируемый воздушный канал.

Энергосберегающие теплозащитные средства широко используются в современных передовых транспортных средствах. Те или иные, более упрощенные теплозащитные

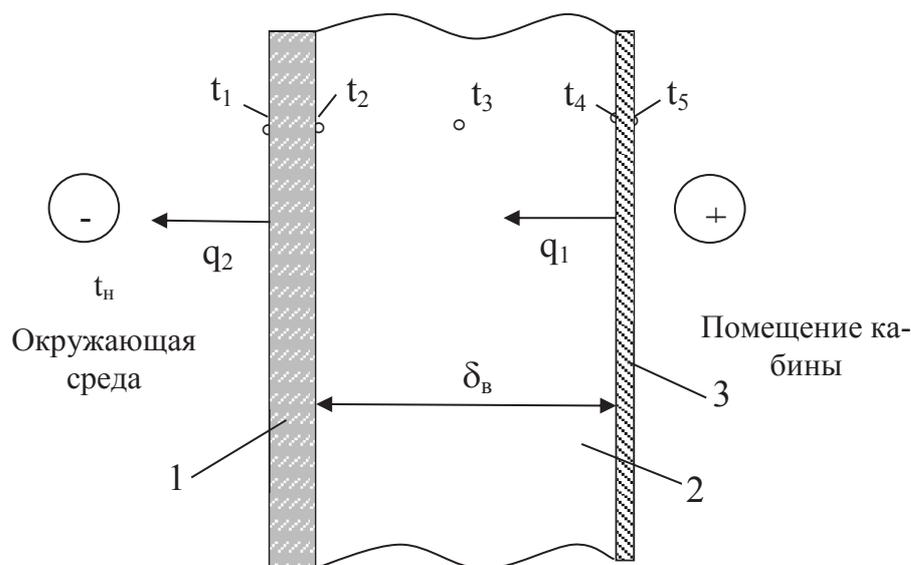
средства могут быть рекомендованы и для кабин наземных транспортных машин.

Исходя из анализа существующих технических решений для уменьшения теплообмена кабин с окружающей средой и создания более комфортных условий для оператора как зимой, так и летом целесообразно установить в кабине дополнительный теплозащитный прозрачный экран (рис. 1). Экран устанавливается за спиной оператора на определенном расстоянии от стекла. Подобная конструкция ограждения кабины должна содействовать улучшению теплового режима в кабине [2].

Для определения эффективности энергосберегающего экрана обратимся к решению задачи нестационарной теплопередачи через ограждения. С этой целью используем уравнения, приведенные в разделе 2.3 настоящей работы.

Расчеты выполнялись для четырех значений внешней температуры:  $t_H = -26; -20; -15; -10^{\circ}\text{C}$ . Температура в помещении кабины принималась равной  $+18^{\circ}\text{C}$ . Расстояние до энергосберегающего экрана от ограждения кабины в предварительном опыте принято 40 мм. Толщина экрана составляла  $\delta_3 = 1$  мм.

В таблице 5.1 приведены данные, полученные на основе расчетов для удельных тепловых потоков  $q_1$  и  $q_2$  и температур  $t_1, t_2, t_3, t_4$  и  $t_5$  в характерных сечениях ограждающей конструкции (рис. 1).



**Рис. 1.** – Схема ограждающей конструкции кабины с энергосберегающим экраном: 1 - светопрозрачное ограждение; 2 - воздушная прослойка; 3 - экран.

**Fig. 1.** – Scheme cladding cabin with energy-saving screen.

Закономерности изменений температуры в процессе теплопередачи через ограждения с экраном при разных значениях наружной температуры  $t_H$  даны на рис. 2. Из приведенных графиков видно, что экран оказывает существенное влияние на тепловой режим в кабине.

При температуре внешнего воздуха  $t_H = -26^{\circ}\text{C}$ , температура внутренней поверхности светопрозрачного ограждения из стекла составляет  $t_2 = -21^{\circ}\text{C}$ , а на внутренней поверхности прозрачного экрана она равна  $t_5 \approx +16^{\circ}\text{C}$ . Если бы экран отсутствовал, то большая разница температур между оператором и ограждением вызвала бы существенную теплоотдачу тела, что привело бы к ощущениям дискомфорта и, не исключено, к простудным заболеваниям.

При наличии экрана разница температур между телом оператора и ограждением незначительна (не превышает  $2...3^{\circ}$ ). Кроме того, следует подчеркнуть, что температура  $t_5$  на внутренней поверхности экрана, обращенной к телу оператора, мало зависит от температуры внешнего воздуха  $t_H$ .

При изменении наружной температуры  $t_H$  с  $-26^{\circ}\text{C}$  до  $-10^{\circ}\text{C}$  температура на внутренней поверхности исходного светопрозрачного ограждения изменяется от  $t_2 = -21,04^{\circ}\text{C}$  до  $t_2 = -6,14^{\circ}\text{C}$ , в то время как на внутренней поверхности экрана всего на  $1^{\circ}\text{C}$ , а именно с  $t_5 = +15,67^{\circ}\text{C}$  до  $t_5 = +16,66^{\circ}\text{C}$ . Об эффективности использования энергосберегающего экрана свидетельствуют зависимости температур в контрольных точках на поверхностях ограждающего стекла и предлагаемого экрана от температуры окружающей среды (рис. 3).

Так, во всем диапазоне изменения температур внешней среды, температура как на внутренней, так и на внешней поверхностях экрана практически не меняется. В воздушном пространстве между стеклом, ограждающим кабину, и экраном наблюдаются изменения температуры (кривая  $t_3$ ), перепад которой достигает около  $6^{\circ}\text{C}$ . Еще больший перепад возникает на поверхности стеклянного ограждения. То есть теплопроводящие вещества ограждения больше зависимы от температуры внешней среды.

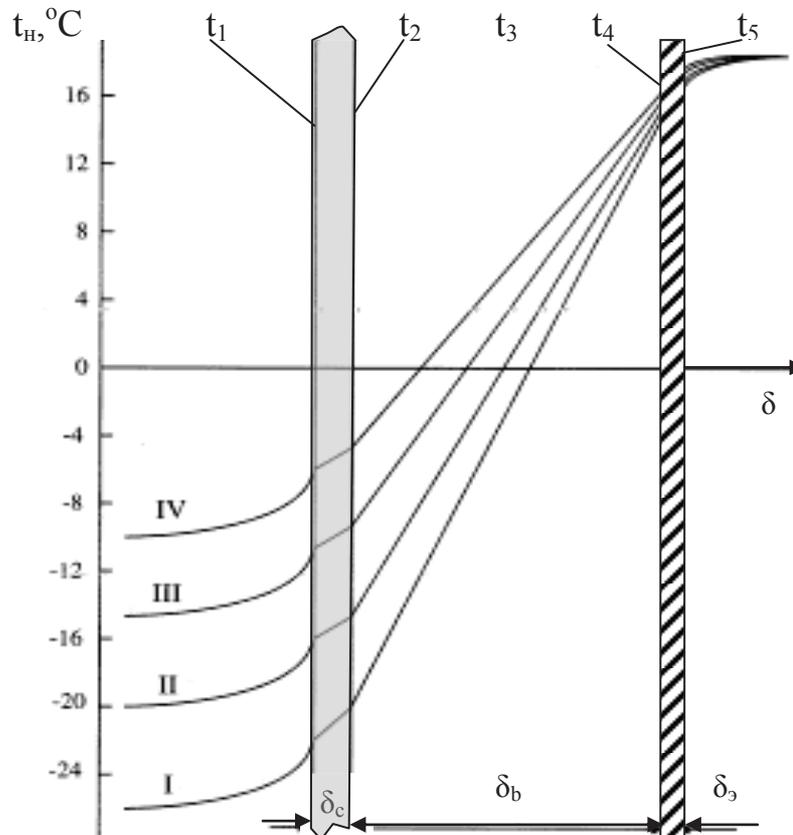


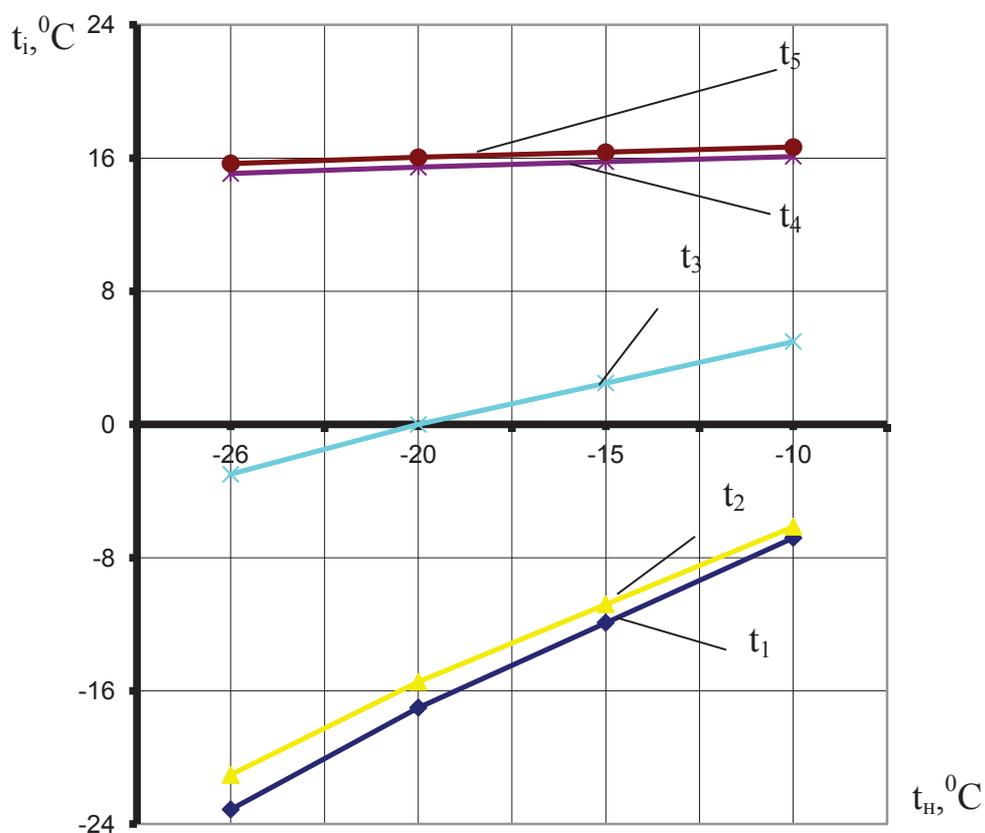
Рис. 2. – Изменения температуры в ограждающей конструкции кабины при наличии энергосберегающего экрана: I -  $t_H = -26^{\circ}\text{C}$ ; II -  $t_H = -20^{\circ}\text{C}$ ; III -  $t_H = -15^{\circ}\text{C}$ ; IV -  $t_H = -10^{\circ}\text{C}$

Fig. 2. – Changes in temperature in building envelope cabin in presence of energy-efficient screen

**Таблица 1.** Значения удельных тепловых потоков и температур в характерных точках ограждающей конструкции кабины с энергосберегающим экраном

**Table 1.** Values of specific heat flux and temperature characteristic points cladding cabin with energy-saving screen

Рассчитываемый параметр	Температура внешней среды $t_H$ , °C			
	-26	-20	-15	-10
Тепловой поток, $q_1$ Вт/м <sup>2</sup>	22,50783	19,32301	16,61233	13,90165
- " - $q_2$	22,57588	19,32309	16,61122	13,90176
Температура $t_1$ , °C	-23,12902	-17,00981	-11,90992	-6,81083
- " - $t_2$ , °C	-21,0420	-15,45430	-10,79780	-6,14130
- " - $t_3$ , °C	-2,98465	0,00137	+2,48970	+4,97806
- " - $t_4$ , °C	+15,07282	+15,45707	+15,77727	+16,09747
- " - $t_5$ , °C	+15,67175	+16,04487	+16,35544	+16,66621



**Рис. 3.** – Зависимость температур  $t_i$  в характерных точках кабины с экраном от температуры окружающего воздуха  $t_H$ .

**Fig. 3.** – Temperature dependence of the characteristic points in  $t_i$  cabin with a screen on the ambient temperature  $t_H$ .

В целом вся многослойная конструкция теплоизоляции кабин способствует стабилизации температуры, а значит созданию благоприятных комфортных условий труда. Исследованиями изменений теплового потока  $q$  в зависимости от температуры окружающего воздуха  $t_H$  в интервале от  $-26^{\circ}\text{C}$  до  $-10^{\circ}\text{C}$  установлено, что значения теплового потока колеблется от  $25 \text{ Вт/м}^2$  до  $14 \text{ Вт/м}^2$  (рис. 4).

Незначительная разница между значениями  $q_1$  и  $q_2$  (рис. 4) объясняется теплостойкостью воздушной прослойки между светопрозрачным ограждением и экраном. Вместе с тем, исследованиями установлено, что при отсутствии экрана тепловой поток  $q$  из помещения в окружающую среду значительно увеличивается.

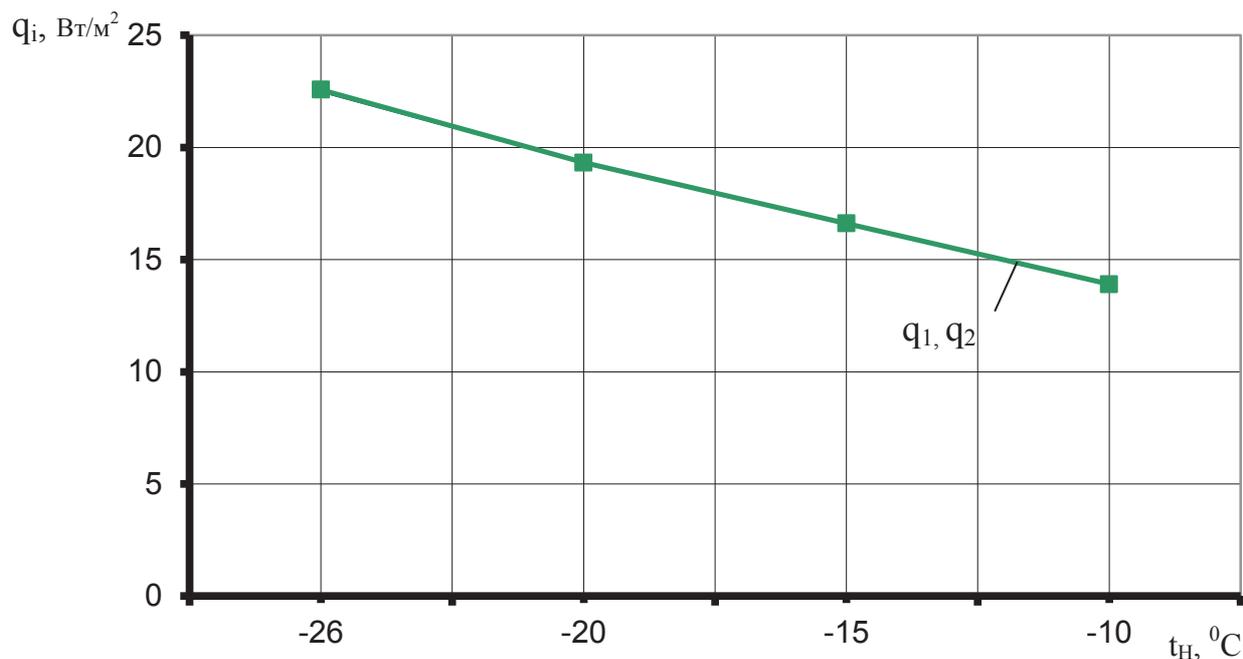


Рис. 4. – Зависимость теплового потока от температуры окружающей среды при наличии энергосберегающего экрана

Fig. 4. – Heat flow to ambient temperature in presence of energy saving screen

При изменении температуры наружного воздуха в указанных выше пределах поток изменяется от 250 Вт/м<sup>2</sup> до 170 Вт/м<sup>2</sup>.

Надо подчеркнуть, что в исследовании не учтены конвективные потоки воздуха, которые могут иметь место между светопрозрачным ограждением и экраном. Однако, эти потоки не могут существенно повлиять на общую закономерность изучаемого процесса. Энергосберегающая эффективность предложенного защитного экрана объясняется теплоизоляционными свойствами слоя воздуха, образующегося между экраном и внешним ограждением кабины.

#### ВЫВОДЫ

Уменьшение потерь теплоты из помещения кабины через ограждающую конструкцию означает существенное уменьшение потерь энергии на нагрев воздуха, подаваемого в кабину в зимний период.

Летом наличие экрана снижает интенсивность воздействия солнечной радиации. Вместе с этим уменьшается расход энергии на кондиционирование воздуха, подаваемого в кабину.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Alternativna 2012: Alternativna yenergetika: [navch. posibnik dlya stud. vishch. navch. zakl.] / M.D. Melnichuk, V.O. Dubrovin, V.G. Mironenko, I.P. Grigoryuk, V.M. Polishchuk, G.A. Golub, V.S. Targonya, S.V. Dragnev, I.V. Svistunova, S.M. Kukharets. – K: «Agrar Media Grup». – 244.
2. Geletukha G.G. 2002: Sovremennyye tekhnologii anaerobnogo sbrzhivaniya biomassy (Obzor) / G.G. Geletukha, S.G. Kobzar // Ekotekhnologii i resursos-berezhniye. – № 4. – 3-8.
3. Boltyanskaya Natalya. 2012: Puti razvitiya otrasli svinovodstva i povysheniye konkurentosposobnosti yeye produktsii / Natalya Boltyanskaya // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin. – Tom. 14, No 3. – 164-176.
4. Tekhnologi 2010: Tekhnologii Tekhnologii virobništva biogazu: [kurs lektsiy dlya stud. silskogosp. vuziv zi spets. 8.092900 – "Ekobiotekhnologiya"] / V.G. Mironenko, V.O. Dubrovin, V.M. Polishchuk, S.V. Dragnev, I.V. Svistunova. – K.: Kholtekh. – 84.

5. Havrysh Valery. 2011: Perspektivi za-bezpechennya agrarnogo sektora yekonomiki Ukraini ponovlyuvanimi yenergetichnimi re-sursami / Valery Havrysh // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin. – Tom. 13 A. – 107-117.
6. Viktoristannya 2008: Viktoristannya bi-omasi na yenergetichni potrebi v silskomu gospodarstvi. Biogazovi tekhnologii. – Doslid-nitske: UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. – 72.
7. Baader V. 1982: Biogaz: teoriya i praktika / V. Baader, Ye. Done, M. Brennderfer. – M.: Kolos. – 148.
8. Bioyenergiya 2009: Bioyenergiya v Ukraini – rozvitok silskikh teritoriy ta mozhливosti dlya okremikh gromad: Naukovo-metodichni re-komendatsii shchodo vprovadzhennya peredovogo dosvidu agrarnikh pidpriemstv Polshchi, Lit-vi ta Ukraini zi stvorennaya novitnikh ob'ektiv bioyenergetiki, yefektivnogo virobnitstva i vikoristannya biopaliv: [Nauk.-metod. re-komend.] / [V.O. Dubrovin, M.D. Melnichuk, Yu.F. Melnik, V.G. Mironenko ta in.]. K.: Natsionalniy universitet bioresursiv i pri-rodokoristuvannya Ukraini; Institut budiv-nitstva, mekhanizatsii ta yelektrifikatsii sils-kogo gospodarstva, Polshcha, Institut agrar-noi inzhenerii, Litva. – 122.
9. Vedeneyev A.G. 2006: Biogazovye tekhnologii v Kyrgyzskoy respublike: spravochnoye rukovodstvo / A.G. Vedeneyev, T.A. Vedeneyeva. – Bishkek: Yevro. – 90.
10. Malofeyev V.M. 1998: Biotekhnologiya i okhrana okruzhayushchey srede: Uchebnoye posobiye. – M.: Izdatelstvo Arktos. – 188.
11. Tekhnologii 2010: Tekhnologii ta obladnannya dlya vikoristannya ponovlyuvanikh dzherel yenerгии v silskogospodarskomu virobnitstvi / Za red. V.I. Kravchuka, V.O. Dubrovina – Doslidnitske.: UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. – 184.
12. Vedeneyev A.G. 2006: Stroitelstvo biogazovykh ustanovok: kratkoye rukovodstvo / A.G. Vedeneyev, A.N. Maslov. – Bishkek: Yevro. – 28.
13. Biologichni 2010: Biologichni resursi i tekhnologii virobnitstva biopaliva: Monog-rafiya / Ya.B. Blyum, G.G. Geletukha, I.P. Grigoryuk,, K.V. Dmitruk, V.O. Dubrovin, A.I. Ćmets, G.M. Zabarniy, G.M. Kaletnik, M.D. Melnichuk, V.G. Mironenko, D.B. Rakhmetov, A.A. Sabirniy, S.P. Tsigankov – K: "Agrar Media Grup". – 408.
14. Eder B. 2006: Biogazovyie ustanovki. Prakticheskoye posobiye / Barbara Eder, Khaynts Shults. – M.: Kolos. – 240.
15. Biogaz 2010: Biogaz na osnove vobnovlyayemogo syrya. Sravnitelnyy analiz shestidesyati odnoy ustanovki po proizvodstvu biogaza v Germanii. – Gyultsov. Germaniya: Spetsialnoye agentstvo vobnovlyayemykh resursov (FNR). – 116.
16. GOST 2011: GOST R 53790-2010: Ne-traditsionnyie tekhnologii. Energetika biotkhodov. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya k biogazovym ustanovkam. – [Deystvitelen ot 2010-05-31]. – M.: Standartinform – 10. – (Natsionalnyy standart Rossiyskoy Federatsii).
17. Ratushnyak G.S. 2008: Teplovtrati v biogazovykh ustanovkakh pri riznikh temperaturnikh rezhimakh anayerobnogo brodinnya / G.S. Rakushnyak, K.V. Anokhina // Visnik Vinnitskogo politekhnichnogo institutu. – № 5. – 20-24.
18. Protsesi 2008: Protsesi ta aparati biotekhnologichnikh virobnitstv. Chastina 2. Metodichni vkazivki do vikonannya laboratornikh robit z distsiplin " Protsesi ta aparati biotekhnologichnikh virobnitstv" ta "Energobiotekhnologiya" dlya studentiv silskogospodarskikh vishchikh navchalnikh zakladiv 3-4 rivniv akreditatsii zi spetsialnosti 6.092900 "Ekobiotekhnologiya" / M.D. Melnichuk, V.G. Mironenko, V.M. Polishchuk ta in. – K.: Vidavnichiy tsentr NAU. – 38.
19. Mashini 2012: Mashini ta ob-ladnannya silskogospodarskogo virobnitstva. Metodichni vkazivki do vi-konannya laboratornikh robit z distsiplin "Mashini ta obladnannya silskogospodarskogo virobnitstva" dlya studentiv silskogospodarskikh vishchikh navchalnikh zakladiv 3-4 rivniv akreditatsii osvithno-kvalifikatsiynogo rivnya "Bakalavr" na-pryamku pidgotovki "Mashinobuduvannya" / M.D. Melnichuk, V.O. Dubrovin, V.G. Mironenko, V.M. Polishchuk, G.A. Golub, V.S. Targonya, O.I. Ćremenko, S.V. Dragnev. – K.: Vidavnichiy tsentr NUBiP Ukraini. – 36.
20. Yenergobiotekhnologiya 2010: Yenergobiotekhnologiya. Metodichni vkazivki do vikonannya laboratornikh robit z distsiplini "Energobiotekhnologiya" dlya studentiv silskogospodarskikh vishchikh navchalnikh zakladiv 3-4 rivniv akreditatsii zi spetsialnosti 6.092900 "Ekobiotekhnologiya" / M.D. Melnichuk, V.G. Mironenko, V.M. Polishchuk ta in. – K.:

Vidavnichiy tsentr NAU. – 28.

21. Polishchuk V.M. 2012: Yekspres-metod viznachennya teplotvornoї zdatnosti biogazu / V.M. Polishchuk, V.Є. Vasilenkov, M.M. Lobodko, V.S. Voloshin // Naukoviy visnik Natsionalnogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya: Zb. nauk. prats. – Kiiv. – № 174. Ch. 2 – 258-263.

**STUDY OF ENERGY CONSERVATION  
IN CABIN OF AGRICULTURAL  
MACHINERY**

**Summary.** The conditions that affect energy efficiency in the cabs of agricultural machinery.

**Key words:** cab, car, energy, construction.