

4. Демидов А.В. Исследование деформационных характеристик слоя шерсти / А.В. Демидов // Молодые ученые – развитию текстильной и легкой пром-ти. (Поиск-2003). Тез. Докл. Межвуз. научн.-техн. конф. – Иваново, 2003. – С. 108-110.
5. Удвал Л. Исследование зависимости влажности шерсти после отжима от технологических факторов / Л. Удвал, С.В. Белов, А.В. Демидов, Ю.Г. Фомин // Известия вузов. Технология текст. пром-ти. – 2004. – Вып. №6.
6. Демидов А.В. Исследование зависимости модуля деформации от плотности и влажности шерсти / А.В. Демидов, Т.П. Туцкая, С.В. Белов, Ю.Г. Фомин // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой пром-ти (Прогресс-2004). Тез. Докл. Междунар. научн.-техн. конф. – Иваново 2004.
7. Алферов С.А. Закономерности при сжатии соломы / С.А. Алферов // Сельхозмашина. – 1957. – №3. – С.6-10.
8. Батыршин А.Г. Закономерности изменения сопротивления сена при пресовании с вибрацией / А.Г. Батыршин, А.М. Муратов // Вестник сельскохозяйственной науки. – Алма-Ата, 1964. – №10. – С. 90-96.
9. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности, ползучести / Н.И. Безухов. – М.: Высшая школа, 1968. – 512 с.
10. Особов В.И. Машины и оборудование для уплотнения сено-соломистых материалов / В.И. Особов, Г.К. Васильев, А.В. Голяновский. – М.: Машиностроение, 1974. – 231 с.

**Elchin Aliev, Viktor Lykhodid, Viktor Zabudchenko, Vitalij Ivlev**

*Zaporozh'ye research center of Mechanization of animal husbandry, Zaporozh'ye*

**The study of the dynamics of change in deformation of rough wool during compaction**

Determination of the deformation characteristics of moistened rough wool during compaction taking into account its technological properties.

Given the results of laboratory studies of the dynamics of deformation of moistened rough wool during compression and after unloading time taking into account its technological properties. Experimentally established, that the layer of rough wool has some elastic properties, and its moisture content is the main parameter that determines the degree of deformation. Monitoring the change of dynamics of relative deformation moistened rough wool in the process of loading and unloading allowed to accept its rheological model as elastic-visco-plastic body. As a result of calculation of the regression coefficients is obtained mathematical model of the influence of humidity of rough wool and pressure load on its initial and residual deformation. In the study of elastic modulus of rough wool depending on its moisture found the dependence of relative deformation from the pressure load.

Further research will focus on the practical implementation of the results in the design and manufacture of compact slab-felting machines.

**sheep breeding, rough wool, moisture, compaction, dynamics, deformation, laboratory studies**

Одержано 15.01.15

**УДК 631.363.285**

**В.В. Братішко, ст. наук. співроб., канд. техн. наук**

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», смт. Глеваха, vbratishko@gmail.com*

## Продуктивність та енергоємність процесу гранулювання зерно-стеблової кормосуміші гвинтовим гранулятором

© В.В. Братішко, 2015

В статті наведено результати експериментальних досліджень впливу конструкційно-режимних параметрів гвинтового гранулятора кормів та фізико-механічних властивостей кормосуміші на критерії продуктивності та питомої енергоємності процесу гранулювання. Було отримано адекватні математичні моделі процесу гранулювання у вигляді поліномів другого порядку, побудовано та проаналізовано відповідні поверхні відгуку та отримано залежність, що дозволяє встановити оптимальні значення коефіцієнту зміни геометричних параметрів гвинта гранулятора за критерієм продуктивності процесу гранулювання.

**гвинт, гранулятор, енергоємність, канал, матриця, продуктивність**

**В.В. Братишко, ст. научн. сотр., канд. техн. наук**

*Національний научний центр «Інститут механізації і електрифікації сільського господарства», м.т. Глеваха*

**Производительность и энергоёмкость процесса гранулирования зерно-стеблевой кормосмеси винтовым гранулятором**

В статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния конструкционно-режимных параметров винтового гранулятора кормов и физико-механических свойств кормосмеси на критерии производительности и удельной энергоёмкости процесса гранулирования. Были получены адекватные математические модели процесса гранулирования в виде полиномов второго порядка, построены и проанализированы соответствующие поверхности отклика и найдена зависимость, которая позволяет установить оптимальные значения коэффициента изменения геометрических параметров винта гранулятора по критерию производительности процесса гранулирования.

**винт, гранулятор, канал, матрица, производительность, энергоёмкость**

**Постановка проблеми.** Загальні тенденції розвитку тваринництва свідчать про зростання питомої частки комбикормів, що згодуюються у гранульованому вигляді. Серед основних переваг застосування гранульованих кормів можна виділити [1, 2]: краще засвоювання корму; виключення самосортування корму при його транспортуванні; виключення вибіркового поїдання окремих компонентів раціону; зменшення втрат корму; зменшення ризику зараження сальмонелою через теплову обробку; потребу у менших об'ємах для зберігання та транспортування корму; зменшення виділення пилу; можливість автоматизації процесу годівлі; спрощення складання раціонів та скорочення затрат праці.

Наявність у складі кормових гранул грубих кормів, зокрема сіна бобових трав [3, 4], дає можливість підвищити поживну цінність раціону та забезпечити фізіологічність процесів травлення. Одними із поширених технічних засобів для виробництва кормових гранул із вмістом грубих кормів є гранулятори гвинтового типу. Проте, питання впливу параметрів процесу роботи грануляторів такого типу на показники продуктивності та енергоємності гранулювання кормосумішей із значним вмістом грубих кормів (сінної січки) є ще недостатньо вивченими.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо [5], що виготовлення гранул малого діаметра (менше 5 мм) є дуже енергомістким процесом, при якому різко знижується продуктивність гранулятора, наприклад, при виготовленні гранул діаметром 4,7 мм на 25%, 3,2 мм на 50%, 2,4 мм в 4 рази порівняно з гранулами діаметром 9-10 мм. За даними [6] у гвинтових пресах до 85% енергії витрачається на подолання сил тертя матеріалу об поверхні гвинта та стінки корпусу, що викликає їх інтенсивне зношення та призводить до нагрівання корму до високої температури. Зменшити ці втрати можливо за рахунок зволоження кормосуміші перед гранулюванням. Так, попередніми дослідженнями [7] було встановлено, що при гранулюванні зерно-стеблових кормосумішей найбільший вплив на питому енергоємність процесу гранулювання чинить саме вологість кормосуміші.

**Формулювання цілей.** Метою досліджень є встановлення впливу конструкційних, режимних та технологічних параметрів процесу роботи гвинтового

гранулятора кормів на показники продуктивності та питомої енергоємності процесу гранулювання.

**Виклад основного матеріалу.** При проведенні експериментальних досліджень в якості вихідної сировини використовували кормосуміш з подрібненого ячменя та сіна люцерни. Вміст грубих кормів в кожній порції для всіх дослідів становив 25% за масою при початковій вологості.

Для приводу робочих органів використовували мотор-редуктор встановленою потужністю 2,2 кВт (рис.1, а) та електричний двигун з ланцюговою передачею потужністю 3,8 кВт (рис.1, б).



а)



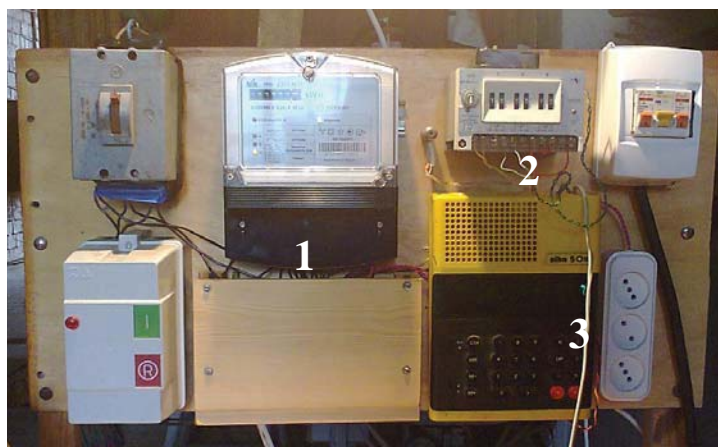
б)

а) з приводом від мотор-редуктора; б) з ланцюговим приводом

Рисунок 1 – Загальний вигляд експериментальної установки

Для керування досліджуванним процесом гранулювання та фіксації витрат енергії було змонтовано стенд (рис. 2), який складався з електронного імпульсного лічильника електричної енергії НК 2301 АП2 (1), пускової та захисної апаратури, а також електронно-механічного таймера (2) з лічильником імпульсів (3). Оберти гвинта гранулятора змінювали за допомогою перетворювача частоти електричного струму DELTA VFD037EL43A 3,7 kW 400V (рис. 2, б).

Витрату енергії визначали, підраховуючи кількість імпульсів за час проведення повторності дослідів. При цьому витраті енергії в одну кіловат-годину відповідало 8 000 імпульсів лічильника.



а)



б)

Рисунок 2 – Загальний вигляд стенду для керування досліджуванним процесом гранулювання та фіксації витрат енергії (а) та перетворювача частоти електричного струму DELTA (б)

В якості досліджуваних факторів виступали (табл. 1): вологість кормосуміші, діаметр отворів матриці, кількість обертів гвинта гранулятора. Для дослідження впливу інтенсивності зміни геометричних параметрів гвинта гранулятора на показники процесу гранулювання в якості фактора було досліджено коефіцієнт  $k_H$  зміни глибини каналу гвинта гранулятора за його довжиною, який визначається за залежністю:

$$k_H = (h_0 - h)/l, \quad (1)$$

де  $h_0$  – початкова глибина каналу гвинта гранулятора, м;

$h$  – кінцева глибина каналу гвинта гранулятора, м;

$l$  – довжина гвинта, м.

Таблиця 1 – Досліджувані фактори та рівні їх варіювання

Фактори та їх позначення	Верхній рівень (+)	Основний рівень (0)	Нижній рівень (-)	Інтервал варіювання
Вологість кормосуміші $w$ , %, $x_1$	35	25	15	10
Коефіцієнт зміни глибини каналу гвинта за його довжиною $k_H$ , $x_2$	0,072	0,064	0,056	0,008
Діаметр отворів матриці $d_m$ , мм, $x_3$	12,0	8,5	5,0	3,5
Кількість обертів гвинта гранулятора $n$ , $x_4$ , $x_4$	100	70	40	30

Після оброблення результатів чотирифакторного експерименту для критерію продуктивності  $Q$ , кг/год отримана модель мала вигляд:

$$Q = 58,278 - 4,42935w + 0,0418352w^2 + 38,3826wk_H - 16333,5k_H^2 + 27,2488k_H d_m + 12,3533k_H n - 0,00465103d_m^2, \quad (2)$$

де  $w$  – вологість кормосуміші, %;

$k_H$  – коефіцієнт зміни глибини каналу гвинта за його довжиною;

$d_m$  – діаметр отворів матриці, мм;  $n$  – кількість обертів гвинта гранулятора,  $x_4$ .

Для залежності (2), яка є адекватною на 93% рівні довірчої вірогідності, коефіцієнт множинної детермінації становить  $D = 0,808023$ , коефіцієнт множинної кореляції  $R = 0,898901$ . Значення критерію Фішера  $F = 8,4179$ ; ймовірність  $F$ -критерію  $P = 0,999814$ . Всі коефіцієнти моделі є значущими на рівні довірчої вірогідності не менше 93%. Графічна інтерпретація залежності (2) наведена на рисунку 3.

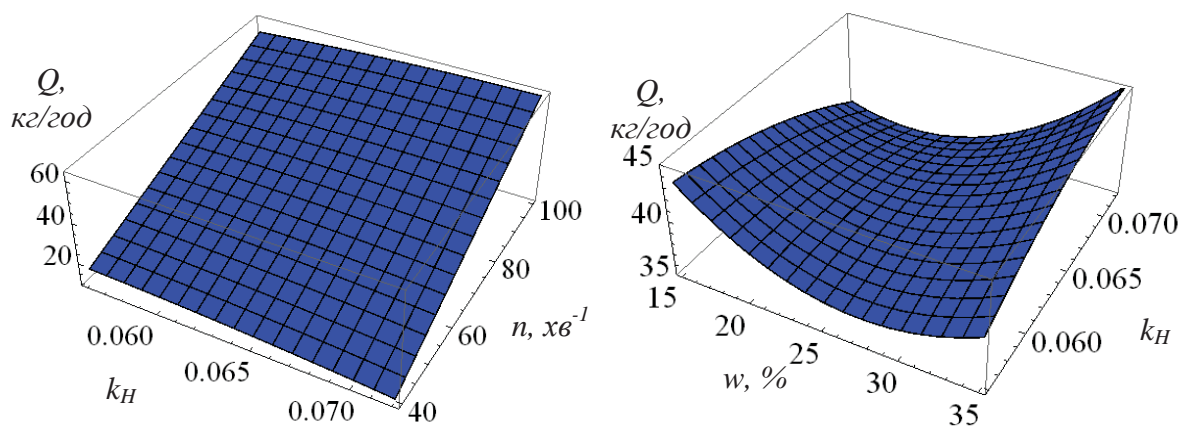


Рисунок 3 – Вплив вологості кормосуміші ( $w$ , фактор  $x_1$ ), коефіцієнту зміни глибини каналу гвинта за його довжиною ( $k_H$ , фактор  $x_2$ ) та кількості обертів гвинта гранулятора ( $n$ , фактор  $x_4$ ) на продуктивність процесу гранулювання  $Q$  при фіксації значень інших факторів на нульових рівнях

Як видно з наведеного рисунку 3, залежність продуктивності гранулювання має максимум для деяких значень коефіцієнту зміни глибини каналу гвинта  $k_H$ . Побудуємо графік впливу параметра  $k_H$  на показник продуктивності гвинтового гранулятора (рис.4).

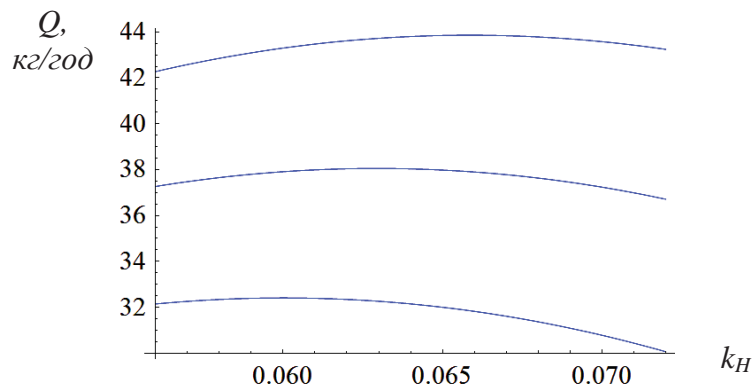


Рисунок 4 – Вплив коефіцієнту зміни глибини каналу гвинта  $k_H$  на продуктивність гвинтового гранулятора кормів  $Q$  для значень діаметру отворів матриці  $d_m$  – 5; 8,5 та 12 мм (відповідно, нижня, середня та верхня криві) при фіксації інших факторів на нульових рівнях

Для оптимізації функції продуктивності за параметром коефіцієнта зміни глибини каналу гвинта  $k_H$  прирівнюємо до нуля відповідну похідну від залежності 2:

$$\frac{dQ}{dk_H} = -32667k_H + 38,3826w + 27,2488d_m + 12,3533n = 0. \quad (3)$$

Звідки вираз для визначення оптимальних значень коефіцієнта зміни глибини каналу гвинта  $k_H$  (рисунок 5) запишеться як:

$$k_H^{opt} = \frac{1}{32667} (38,3826w + 27,2488d_m + 12,3533n). \quad (4)$$

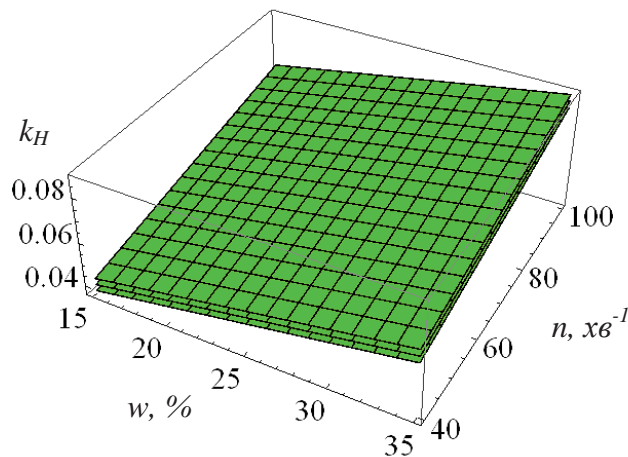


Рисунок 5 – Вплив вологості кормосуміші  $w$  та кількості обертів гвинта гранулятора  $n$  на коефіцієнт зміни глибини каналу гвинта  $k_H$  для значень діаметру отворів матриці  $d_m$  – 5; 8,5 та 12 мм (відповідно, нижня, середня та верхня криві) при фіксації інших факторів на нульових рівнях

Як бачимо з рисунку 5, найменший вплив на оптимальні значення коефіцієнта зміни глибини каналу гвинта  $k_H$  чинить діаметр отворів матриці  $d_m$ , що, на нашу думку, свідчить про доцільність практичного застосування отриманої раніше умови [8] узгодження параметрів матриць грануляторів за тиском та продуктивністю.

З урахуванням особливостей побудови математичної моделі продуктивності виробництва кормових гранул для критерію питомої енергоємності  $E$ ,  $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{т}$  отримана модель мала вигляд:

$$E = -10,6943 + 15,53w - 0,19099w^2 - 124,409wk_H + 314,811k_H d_m - 1,67264d_m^2. \quad (5)$$

Як видно із залежності (5) фактор кількості обертів гвинта гранулятора не чинить значущого впливу на питому енергоємність процесу гранулювання.

Для залежності (5), яка є адекватною на 90% рівні довірчої вірогідності, коефіцієнт множинної детермінації становить  $D = 0,780718$ , коефіцієнт множинної кореляції  $R = 0,883582$ . Значення критерію Фішера  $F = 11,3931$ ; ймовірність  $F$ -критерію  $P = 0,999911$ . Всі коефіцієнти моделі є значущими на рівні довірчої вірогідності не менше 90%. Графічна інтерпретація залежності (5) наведена на рисунку 6.

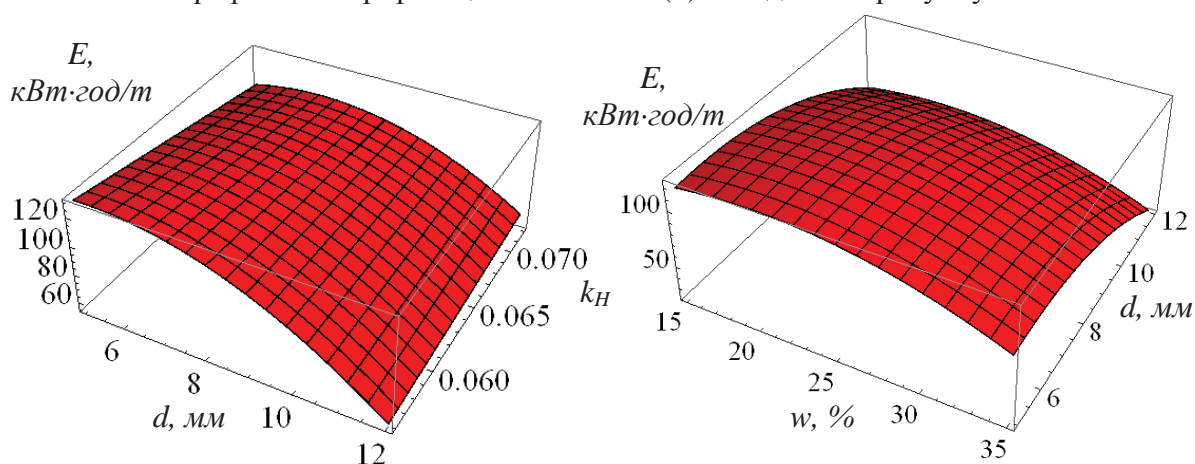


Рисунок 6 – Вплив вологості кормосуміші ( $w$ , фактор  $x_1$ ), коефіцієнту зміни глибини каналу гвинта за його довжиною ( $k_H$ , фактор  $x_2$ ) та діаметру отворів матриці ( $d_m$ , фактор  $x_3$ ) на питому енергоємність процесу гранулювання  $E$  при фіксації значень інших факторів на нульових рівнях

Як видно з рисунку 6, поверхні, що відображають вплив досліджуваних факторів на питому енергоємність процесу гранулювання, не мають мінімумів. Отже, раціональні значення факторів відповідатимуть межах їх варіювання.

**Висновки.** 1. В результаті експериментальних досліджень було отримано адекватні математичні моделі, у вигляді поліномів другого порядку, що описують вплив параметрів вологості зерно-стеблової кормосуміші, коефіцієнту зміни глибини каналу гвинта гранулятора за його довжиною, діаметра отворів матриці гранулятора та кількості обертів гвинта гранулятора на показники продуктивності та питомої енергоємності процесу гранулювання.

2. Встановлено, що функція продуктивності має оптимум (максимум) для деяких значень коефіцієнту зміни глибини каналу гвинта гранулятора за його довжиною, та отримано вираз для встановлення оптимальних значень цього коефіцієнту.

3. Функція питомої енергоємності не має оптимумів, які відповідають її мінімальним значенням, раціональні значення факторів дорівнюють межах їх варіювання.

## Список літератури

1. Машины и оборудование для производства комбикормов : [Справочное пособие] / Шаршунов В.А., Червяков А.В., Бортник С.А., Пономаренко Ю.А. – Мн: Экоперспектива, 2005. – 487 с.
2. Мельников С.В., Фарбман Г.Я. Производство травяной муки в гранулах. – Л.: Лениздат, 1975. – 112 с.
3. Ладан П.Е., Густун М.И. Полнорационный корм в гранулах. – М.: Колос, 1974. – 160 с.

4. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – М. 2003. – 456 с.
5. Артюшин А.О., Реневич О.О. Виробництво гранульованих і брикетованих кормів. – К.: Урожай, 1980. – 88 с.
6. Кучинскас З.М. и др. Оборудование для сушки, гранулирования и брикетирования кормов / З.М. Кучинскас, В.И. Особов, Ю.Л. Фрегер. – М. Агропромиздат, 1988. – 208 с.: ил.
7. Братішко В. Результати досліджень процесу гранулювання зерново-стеблової кормосуміші гранулятором гвинтового типу // Техніка і технології АПК. – № 5(56). – Дослідницьке: УкрЦВТ. – 2014. – С. 33-36.
8. Братішко В.В. Узгодження конструкційних параметрів матриць гвинтових грануляторів кормів за тиском та пропускною здатністю // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Вип. 27. – Кіровоград: КНТ. – 2014. – С. 187-191.

### **Vyacheslav Bratishko**

*National scientific center "Institute for agricultural engineering and electrification"*

#### **Productivity and power consumption of grain-stem forage mixture pelleting process by screw pellet mill**

The aim of research was to establish the influence of structural, operational and technological parameters of the work process of screw feed pellet mill on productivity and specific energy of pelleting process.

The paper presents the results of experimental researches of structurally-operational parameters screw feed pellet mill and physical properties of forage mixture on optimization criteria. As a result, studies have provided adequate mathematical model in the form of a second order polynomial describing the influence of forage mixture moisture parameters, changes coefficient of the depth of the channel screw pellet mill for its length, pellet mill matrix holes diameter and number of turns of pellet mill screw on productivity and specific energy pelleting process. There have been constructed and analyzed relevant surface responses.

It was established that the function has an optimum performance (maximum) for some values of the changes in the depth of the channel screw pellet mill for its length. It was the expression for finding the optimal values of this ratio. The function of specific energy has optima that meet its minimum value. Rational values correspond to factors beyond their variation.

**capacity, channel, matrix, pellet mill, productivity, screw**

Одержано 22.04.15

**УДК 581.63**

**О.В. Бевз, С.О. Магопечь, О.О. Матвієнко, доценти, кандидаты технических наук**  
*Кіровоградський національний технічний університет*

## **Вплив автомобільного транспорту на повітряний басейн міста Кіровограда**

Обґрунтована актуальність проблеми екологічної безпеки автомобільного транспорту, вплив його на довкілля і проаналізовано дві основні транспортні магістралі, які впливають на забруднення атмосферного басейну міста Кіровограда».

**автомобільний транспорт, забруднення повітря, екологічна безпека**

**О.В. Бевз, С.О. Магопечь, О.О. Матвієнко, доценти, кандидаты технических наук**  
*Кіровоградский национальный технический университет*

**Влияние автомобильного транспорта на воздушный бассейн города Кироваграда**

© О.В. Бевз, С.О. Магопечь, О.О. Матвієнко, 2015