



УДК 621.867.7:631.223.6.014

DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-15

**РОЗРОБКА АНАЛІТИЧНОГО МЕТОДА ВИЗНАЧЕННЯ  
ВИТРАТ ВОДОКОМБІКОРМОВОЇ СУМІШІ  
ГІДРОТРАНСПОРТНОЇ УСТАНОВКИ  
ПРОМИСЛОВОГО СВИНАРСТВА ПРИ ЗМІНІ  
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОРМУ  
ТА ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**Лисиченко М. Л., д. т. н.** <https://orcid.org/0000-0002-4424-0159>

**Хандола Ю. М., к. т. н.**

E-mail: xandola@ukr.net,

**Назаренко О. Ю., к. т. н.** <https://orcid.org/0000-0002-5567-9140>

E-mail: olganazarenko1919@gmail.com,

**Сухін В. В., інж.**

E-mail: VVS11101992@gmail.com

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка*

**Анотація** – у статті представлено метод аналітичного розрахунку витрат водокомбікормової суміші гідротранспортної установки при зміні фізико-механічних властивостей корму та характеристик технологічного обладнання. На основі аналізу технології виробництва свинини визначено, що корма є однією із головних компонентів, які впливають на собівартість продукції – м'яса свинини. Реалізована можливість раціонального використання корму на основі комунікаційних та інформаційних систем обробки даних. Визначені основні показники оцінки роботи систем автоматичного керування роздачою рідкого корму, які залежать від ступеня і адекватності математичного опису об'єктів керування. Розглянута технологія роздачі рідких кормів в групові кормушки свинарника. Для дослідження застосовувалась гідротранспортна установка промислового призначення з насосною подачею корму. Межі зміни фізико-механічних властивостей кормосумішей створювались локальними пристроями автоматики. Встановлені межі зміни властивостей вологих кормосумішей. Представлений набір рівнянь, які й формують метод.

**Ключові слова:** гідротранспортна установка, корма та кормосуміші, математичний метод, автоматична система керування, насосні станції.

**Постановка проблеми.** Сучасне свинарництво представляє собою високорозвинену галузь з перспективними виробничими можливостями. Забезпечення якісним м'ясом значної частини



населення країни залежить від ефективності промислового виробництва свинини [1]. Для створення умов подальшого збільшення її виробництва, підвищення якості та зниження собівартості необхідно запровадити заходи щодо подальшої інтенсифікації галузі. Корма у свинарництві відносяться до числа головних сировинних ресурсів, які сприяють реалізації максимальної продуктивності тварин, закладеної під час селекційної роботи [2]. Відомо, що в структурі собівартості виробництва м'яса свинини, витрати на корма складають близько 70 %, у зв'язку з цим раціональне використання їх є вирішальною умовою зниження собівартості [3].

Подальша реалізація вказаної мети та формування оптимальних величин інших витрат на продукцію, можливе, застосовуючи системи обробки даних, комунікаційні та інформаційні технології, що забезпечують дистанційне отримання і обробку інформації про параметри виконуваного технологічного процесу, рівень продуктивності і стан здоров'я тварин, а також дають можливість оперативно приймати управлінські рішення [4]. Виходячи з цього, побудова автоматичних систем роздавання кормів у групові годівниці свиней на основі пропонованих технічних параметрів формує завдання, яке треба вирішити.

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз науково-технічної літератури виявив, що для годування застосовують два типи кормів і кормосумішей: сухі та вологі. На даний час, все більшого розповсюдження набувають вологі корма, які засвоюються тваринами в повному обсязі. Для автоматичного керування роздачою рідкого корму або кормосумішей в свинарниках, існують системи H+L, Hydromix, ін. Важливими показниками їх роботи, як і будь-якої автоматичної системи керування різними технологічними об'єктами є їх якість, стійкість та її запас міцності, що в значній мірі залежить від ступеня і адекватності математичного опису об'єктів керування та відображають свій вплив на ефективність функціонування самих гідротранспортних установок свинокомплексів. Тому, проведення досліджень в напрямку створення якісних математичних методів і моделей опису технологічного обладнання роздачі водокомбікормових сумішей є актуальним.

**Формулювання цілей статті.** Розробка аналітичного методу визначення витрат водокомбікормової суміші гідротранспортної установки промислового свинарства при зміні фізико-механічних властивостей корму, характеристик технологічного обладнання для математичного забезпечення алгоритму функціонування системи автоматичного керування нормованою роздачою рідкого корму у групові кормушки свинарника. Для цього потрібно виконати наступні задачі: провести аналіз технології транспортування рідких кормів на



свинокомплексах промислового типу, визначитися з типом гідротранспортної установки і її видом подачі, забезпечити локальний автоматичний контроль граничних умов зміни фізико-механічних властивостей корму, прийняти нерегульовані параметри процесу відповідними вимогами типового проекту, встановити діапазони змін співвідношення рідкої та твердої фази і параметрів водокомбікормової суміші, а також із використанням відомих співвідношень гідромеханіки і реології.

**Основні матеріали дослідження.** На свинокомплексах промислового типу із застосуванням гідротранспорту рідких кормів, кормова суміш через шланговий затвор з електропневмоприводом подається з кільця обслуговування до кільця розподілу. Одночасно такий самий об'єм корму витісняється в ємність для корму (годовниці). Насоси забезпечують безперервну циркуляцію кормосуміші з вологістю 65-80 % в колах зі швидкістю 1-5 м/с. Нерозривність потоку кормосуміші обумовлює рівність витрат через шланговий затвор та зливний отвір кормового спуску.

Питання математичного опису досліджуваного об'єкту керування є частиною загальної задачі оптимізації, що передбачає побудову адекватної оцінки інформаційних параметрів об'єкту. Тому, доцільна розробка методики аналітичного визначення витрат водокомбікормової суміші у круглому трубопроводі діаметром 30-200 мм при зміні фізико-механічних властивостей корму та характеристик технологічного обладнання. За основу взято уніфіковану гідротранспортну установку для промислового свинарства з насосною подачею кормосуміші (тип *Hydro Mix*).

Вихідні параметри зміни фізико-механічних властивостей корму забезпечуються локальними пристроями автоматики – нерегульовані вихідні параметри процесу відповідають вимогам типового проекту:

$V/M$  – співвідношення рідкої та твердої фаз у складі кормо суміші, л/кг ( $V/M = 1,5-3,0$  л/кг);

$t$  – температура води,  $^{\circ}C$  ( $t = 15-60$   $^{\circ}C$ );

$10^3\alpha$  – температурний коефіцієнт об'ємного розширення води,  $1/^{\circ}C$  ( $10^3\alpha = 0,15-0,458$   $1/^{\circ}C$ );

$\omega$  – вологість комбікорму, % ( $\omega = 10-14$  %);

$q$  – середній лінійний розмір частинок комбікорму, мм ( $q = 0,2-2,6$  мм).

В результаті узагальнення відомих експериментальних даних по визначенню кількісно-якісних взаємозв'язків між основними інформативними параметрами процесу [4, 6], врахування технологічних особливостей об'єкта, а також використання основних



співвідношень гідромеханіки [7] та реології [8] стосовно до процесу досліджень, отримані наступні рівняння для розрахунку:

1. Шляхова витрата кормосуміші, яка шукається –  $Q_n, \text{м}^3/\text{с}$ :

$$Q_n = \left[ \left( \eta Q_k + \frac{1}{24} \pi \tau_0 d^3 \right) l_k - \frac{1}{4096} \pi \rho g H_k d^4 \right] \eta l; \quad (1)$$

де  $d$  – діаметр трубопроводу,  $\text{м}$ ;  
 $l_k$  – довжина кільцевого трубопроводу,  $\text{м}$ ;

2. Коефіцієнт динамічної в'язкості водокомбікормової суміші –  $\eta, \text{Па}\cdot\text{с}$ :

$$\eta = 0,008\tau_0^2 - 0,5\tau_0 + 9,8; \quad (2)$$

3. Напруження тертя –  $\tau_0, \text{Па}$ :

$$\tau_0 = 0,25\rho g d - 32\eta Q_k / \pi d^3; \quad (3)$$

4. Витрата кормосуміші, що циркулює в кільцевому трубопроводі –  $Q_k, \text{м}^3/\text{с}$ :

$$Q_k = (\pi / 8\eta)(P / l_k)(d / 2)^4; \quad (4)$$

де  $d$  – діаметр трубопроводу,  $\text{м}$ ;

5. Натиск, що створюється насосом у кільцевому трубопроводі –  $H_k, \text{м}$ :

$$H_k = K_1 Q_k^2 + K_2 Q_k + H; \quad (5)$$

$$K_1 = [Q_2(H - H_1) - Q_1(H - H_2)] / Q_1 Q_2 (Q_2 - Q_1); \quad (6)$$

$$K_2 = [(Q_1)^2 (H - H_2) - (Q_2)^2 (H - H_1)] / Q_1 Q_2 (Q_2 - Q_1); \quad (7)$$

$$H = H_0 \rho / \rho_B; \quad (8)$$

$$\rho = 1097 - 2,5(W - 64); \quad (9)$$

$$\rho_B = \rho_{20}(1 + \alpha t); \quad (10)$$



$$W = (0,1\rho_B V / M + \omega) / (0,001\rho_B V / M + 1), \quad (11)$$

- де  $l$  – довжина трубопроводу, в якому гаситься ударний тиск при гідродарі, м;  
 $p$  – перепад тиску в нагнітальному та всмоктувальному патрубках насоса, Па;  
 $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $H_1$ ,  $H_2$  – перераховані з води на кормосуміш по рекурентним формулам паспортні дані насоса відповідно для режимів максимального ККД і номінальної потужності, м<sup>3</sup>/с і м відповідно;  
 $H_0$ ,  $H$  – натиск насоса в режимі холостого ходу відповідно по паспорту й перерахований з води на кормосуміш, м;  
 $\rho$  – щільність кормосуміші при температурі  $t$ , кг/м<sup>3</sup>;  
 $W$  – вологість кормосуміші, %;  
 $\rho_B$  – щільність води при температурі  $t$ , кг/м<sup>3</sup>;  
 $\rho_{20}$  – щільність води при 20 °С, кг/м<sup>3</sup>.

Визначати витрати кормосуміші в напірному трубопроводі узагальненої гідротранспортної установки слід в зворотному порядку від наведеної послідовності рівнянь.

**Висновок.** Розроблений алгоритм розрахунку може бути використаний для включення в алгоритм математичного забезпечення системи автоматичного керування нормованою роздачею рідкого корму у групові годівниці свинарника.

Обчислювальна процедура достатньо проста, щоб її можна було реалізувати у системі прямого цифрового керування, а алгоритм розрахунку дозволяє відстежувати параметри об'єкта, які змінюються.

### Список використаних джерел

1. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні на період до 2025 року / за ред. Я. М. Гадзала, М. І. Башценка, В. М. Жука, Ю. О. Лупенка. Київ: Аграрна наука, 2016. 216 с.
2. Тваринництво України: стан, проблеми, шляхи розвитку (1991-2017-2030 рр.) / за ред. М. І. Башценка. Київ: Аграрна наука, 2017. 160 с.
2. Кононенко С. И. Комбикорма с рапсовым жмыхом для свиней. *Научный журнал КубГАУ*. 2011. № 72(08). С. 1-17.
3. Роль информационных технологий в племенном животноводстве Казахстана / Т. Н. Карымсаков и др. *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2018. С. 1-9.



4. *Переведенцев В. В.* Транспортирование кормосмесей по трубам. *Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства.* 1973. № 12.

5. *Хлебников М. К.* Исследование параметров гидротранспорта кормовых смесей центробежными насосами. Материалы межвузовской конференции по гидротранспорту МИСИ. Москва, 1970.

6. *Цуренко Ю. И.* Гидромеханика. Гидравлика. Северодвинск: СЕВМАШВТУЗ, 2007. 61 с.

7. *Моргунова Н. Л.* Реология. Краткий курс лекций для студентов. Саратов, 2018. 43 с.

**РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
РАСХОДА ВОДОКОМБИКОРМОВОЙ СМЕСИ ГИДРОТРАНСПОРТНОЙ  
УСТАНОВКИ ПРОМЫШЛЕННОГО СВИНОВОДСТВА  
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОРМА  
И ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Лисиченко Н. Л., Хандола Ю. Н., Назаренко О. Ю., Сухин В. В.**

**Аннотация** - в статье представлен метод аналитического расчета расходов водокормовиковой смеси гидротранспортной установки при изменении физико-механических свойств корма и характеристик технологического оборудования. На основе анализа технологии производства свинины определено, что корма являются одной из главных компонент, которая влияет на себестоимость продукции - мяса свинины. Реализована возможность рационального использования корма на основе коммуникационных и информационных систем обработки данных. Определены основные показатели оценки работы систем автоматического управления раздачей жидкого корма, которые зависят от степени и адекватности математического описания объектов управления. Рассмотрена технология раздачи жидких кормов в групповые кормушки свиноводника. Для исследования применялась гидротранспортная установка промышленного назначения с насосной подачей корма. Пределы изменения физико-механических свойств кормосмесей создавались локальными устройствами автоматики. Установлены пределы изменения свойств влажных кормосмесей. Представлен набор уравнений, которые и формируют метод.

**Ключевые слова:** гидротранспортная установка, корма и кормосмеси, математический метод, автоматическая система управления, насосные станции.



**DEVELOPMENT OF ANALYTICAL METHOD FOR DETERMINING  
THE COSTS WATER-COMBINED MIXTURE OF  
HYDROTRANSPORTATION INSTALLATION INDUSTRIAL SOLVENCY  
IN CHANGE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF CORN AND  
CHARACTERISTICS TECHNOLOGICAL EQUIPMENT**

**M. Lysychenko, Y. Khandola, O. Nazarenko, V. Sukhin**

**Summary**

In article the method of analytical calculation consumption water-fodder mixture hydrotransport unit during change physical and mechanical properties a feed and characteristics technological equipment is presented. The sector pig breeding is briefly described and one of the main components that affects cost pork meat production is indicated. Realized possibility of rational use feed on the basis communication and information systems data processing. The basic indexes estimation work systems of automatic control distribution liquid feed are determined, which depend on degree and adequacy mathematical description objects management: the length of the pipeline in which shock pressure is extinguished during water hammer; pressure drop in the discharge and suction nozzles of the pump; recalculated from water to feed mixtures according to recurrence formulas of the passport data of the pump for maximum efficiency and rated power; pressure of the pump in idle mode according to the passport and counted from the water to the feed mixture; feed mixture density at a given temperature; feed mixture moisture; water density at a given temperature and at 20 °C.

. Technology distributing liquid feeds in the pig breeding pig feeders is considered. For research the hydraulic transport plant of industrial use with pump feed was used. Boundaries the change in physical and mechanical properties of feed were created by local automation devices. The limits of changing properties water are established. A set equations that form a method is presented.

**Keywords:** hydrotechnical installation, feeds and feed mixes, mathematical method, automatic control system, pumping stations.