

излучающей поверхности обогревателей. При проектировании системы отопления с инфракрасными трубчатыми газовыми обогревателями эти данные могут быть получены путем расчета по методу, изложенному в [6]. Применение данного метода расчета позволяет на стадии проектирования:

- получать данные об интенсивности облучения головы человека, находящегося в разных точках отапливаемого помещения, а, следовательно, оценивать расположение рабочих мест исходя из санитарных норм;
- определять оптимальную высоту установки обогревателей;
- оценивать тепловое воздействие обогревателей на расположенное рядом оборудование или другие поверхности.

Данные расчета температуры излучающей поверхности также могут быть использованы для расчета результирующей температуры в помещении.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Болотских Н. Н.** Повышение эффективности систем отопления газовыми трубчатыми инфракрасными нагревателями: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.03 / Болотских Николай Николаевич. – Харьков, 2009. – 153 с.
2. **Ковалев А. Е.** Расчет мощности инфракрасных облучательных установок / А. Е. Ковалев // Водоснабжение и сантехника. – 1983. – № 2. – С. 27 – 28.
3. **Мачкаши А.** Лучистое отопление / А. Мачкаши, А. Банхиди; пер. с венгер. В. М. Беляева под ред. В. Н. Богословского, Л. М. Махова. – М. : Стройиздат, 1985. – 464 с.
4. **Родин А. К.** Газовое лучистое отопление / А. К. Родин. – Л. : Недра, 1987. – 191 с.
5. СНиП 2.04.05-91\*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – К. : КиевЗНИИЭП, 1996. – 89 с.
6. **Солод Л. В.** Метод розрахунку і раціональні параметри інфрачервоних трубчастих газових обігрівачів: дис. ... кандидата техн. наук: 05.23.03 / Солод Леонтіна Валеріївна. – Харків, 2011. – 137 с.
7. **Строй А. Ф.** Критерий комфортности и методика определения мощности различных систем отопления / А. Ф. Строй, Ю. К. Припотень // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2000. – № 2. – С. 69 – 72.
8. **Шиванов В. В.** Обеспечение теплового режима производственных помещений системами газового лучистого отопления: дисс. ... канд. техн. наук : 05.23.03 / Шиванов Владимир Владимирович. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2007. – 135 с.
9. **Шумилов Р. Н.** Особенности проектирования систем лучистого отопления с использованием газа / Р. Н. Шумилов, Ю. И. Толстова, А. А. Поммер // С.О.К. Сантехника, отопление, кондиционирование. – М., 2008. – № 2. – С. 62 – 68.
10. **Шумилов Р. Н.** Лучистое отопление – мифы и реальность/ Р. Н. Шумилов, Ю. И. Толстова, А. А. Поммер // С.О.К. Сантехника, отопление, кондиционирование. – М., 2006. – № 1. – С. 56 – 58.

УДК 621.878.2

### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЕМЛЕРИЙНО-ТРАНСПОРТНОЇ МАШИНИ З РІЗАЛЬНО-МЕТАЛЬНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ

*О. І. Голубченко, к. т. н., доц., М. Е. Хожило, асп.*

**Ключові слова:** підвищення ефективності, землерийно-транспортна машина безперервної дії, ризально-метальний робочий орган, зниження енергоємності, продуктивність, експеримент

**Постановка проблеми.** На основі аналізу змісту науково-технічних робіт, патентів та авторських свідоцтв різних країн, в яких досліджувалися конструкції робочого обладнання землерийно-транспортних машин безперервної дії з активними робочими органами, було встановлено низку ключових недоліків, а саме: застосування гвинтових транспортувальних пристроїв, які переміщують ґрунт без його відриву від гвинтової поверхні, що значно збільшує енергоємність робочого процесу; застосування ковшових елементів для копання ґрунту не дозволяє отримати потрібну ширину розробки при пошаровому зрізанні ґрунту землерийно-транспортними

машинами безперервної дії на невелику глибину; неможливість локального накопичування ґрунту з метою його ефективного переміщення на зовнішній транспортувальний пристрій без додаткових елементів; застосування додаткових планувальних елементів для отримання рівної поверхні.

Саме тому при створенні конструкцій активного робочого обладнання землерийно-транспортних машин безперервної дії виникає низка питань щодо забезпечення високої продуктивності обладнання, вибору найбільш вигідних схем руйнування ґрунту та навішування робочих органів, розробки ефективних засобів для переміщення ґрунту із зони різання на зовнішній транспортувальний пристрій [1].

У зв'язку з цим великий науковий та практичний інтерес викликає створення робочого органа, який одночасно поєднує в собі виконання трьох операцій: по-перше, руйнування ґрунту різальною частиною робочого обладнання; по-друге, локальне транспортування ґрунту в зоні його руйнування; по-третє, подачу ґрунту на зовнішній транспортувальний пристрій.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності землерийно-транспортної машини безперервної дії з різально-метальним робочим органом для будівництва автомобільних доріг із обґрунтуванням його раціональних параметрів.

Реалізація визначеної мети передбачає виконання таких завдань: оглянути наукові дослідження та технічні рішення конструкцій активного робочого обладнання землерийно-транспортних машин безперервної дії для дорожнього будівництва і запропонувати конструктивне рішення різально-метального робочого органа; виявити закономірності взаємодії різально-метального робочого органа із ґрунтом при забезпеченні осьового та радіального переміщення ґрунту з одночасним метанням зосередженим потоком за межі робочого органа; встановити вплив режимів роботи на фізичну сутність процесу різання та транспортування ґрунту різально-метальним робочим органом; розробити теоретичні моделі для визначення геометричних, кінематичних, силових та енергетичних параметрів різально-метального робочого органа з урахуванням фізико-механічних властивостей ґрунту та виконати їх кількісну оцінку; провести багатофакторні експериментальні дослідження різально-метального робочого органа для отримання регресійних залежностей силових, енергетичних та технологічних показників робочого процесу від геометричних, кінематичних параметрів та умов взаємодії з ґрунтом; розробити методику інженерного розрахунку параметрів різально-метального робочого органа з урахуванням технічної характеристики базової машини і ґрунтових умов; визначити та оцінити техніко-економічну ефективність землерийно-транспортної машини безперервної дії з різально-метальним робочим органом.

**Аналіз публікацій.** Дослідженню процесів та закономірностей розробки ґрунту землерийними машинами присвячені роботи В. Л. Баладіньського, В. І. Баловнева, Ю. О. Ветрова, А. П. Дворніченко, М. Г. Домбровського, А. М. Зеленіна, І. А. Недорезова, В. В. Нічке, Л. Є. Пелевіна, В. К. Руднева, Л. К. Соколова, Д. І. Федорова, Л. А. Хмари, А. М. Холодова.

Також слід виділити роботи В. Д. Абезгауза та М. І. Гальперіна з дослідження процесу різання мерзлих ґрунтів і гірських порід робочими органами фрезерного типу.

Ґрунтовні дослідження щодо розвитку методів розрахунку параметрів шнекових робочих органів зробили В. С. Бочаров, А. М. Григор'єв, Е. М. Гутьяр, М. Г. Домбровський, А. М. Зеленін, Р. М. Кроль, В. А. Куліш, Л. Ю. Руденко, К. М. Севастьянов, Л. А. Хмара.

Ефективне транспортування ґрунту зовні із зони різання можливе за рахунок використання металників. Дослідженням робочих процесів та визначенням раціональних параметрів даних пристроїв займалися Р. Р. Бархалов, М. С. Гласко, М. І. Дерев'янчук, Н. А. Ісрафілов, А. А. Кавалеров, Б. І. Караваєв, Е. В. Коржаєва, С. Е. Кудра, А. А. Машенський, С. С. Рабінович, С. Н. Троїцький.

Проведений аналіз свідчить, що розглянуті роботи не надають комплексних наукових досліджень щодо врахування розробки ґрунту з одночасним його транспортуванням із зони різання в режимі метання.

**Основна частина.** Конструктивна схема та робочий процес різально-метального робочого органа наведені на рисунку 1.

До геометричних параметрів робочого органа належать: зовнішній діаметр робочого органа  $D$ , діаметр вала  $d$ , крок гвинтової поверхні  $P$ , ширина робочого органа  $B$ , кут різання ґрунту  $\alpha$ , кут нахилу транспортувальної поверхні  $\beta$ , ширина транспортувальної поверхні  $B_1$ , кут установлення захисного кожуха  $\gamma$ . Кутова швидкість обертання робочого органа  $\omega$  та швидкість його поступового пересування  $V_m$  визначають кінематичні параметри робочого процесу. Умови взаємодії робочого органа із ґрунтом характеризуються глибиною копання ґрунту  $h_k$ , висотою

розташування зовнішнього транспортувального пристрою  $h_{mp}$ , подачею  $S$  та фізико-механічними характеристиками ґрунту, а саме густина ґрунту у природному стані  $\gamma$  і розпушеному стані  $\gamma_p$ , зчеплення  $C_w$ , кути внутрішнього  $\rho$  і зовнішнього  $\delta$  тертя.

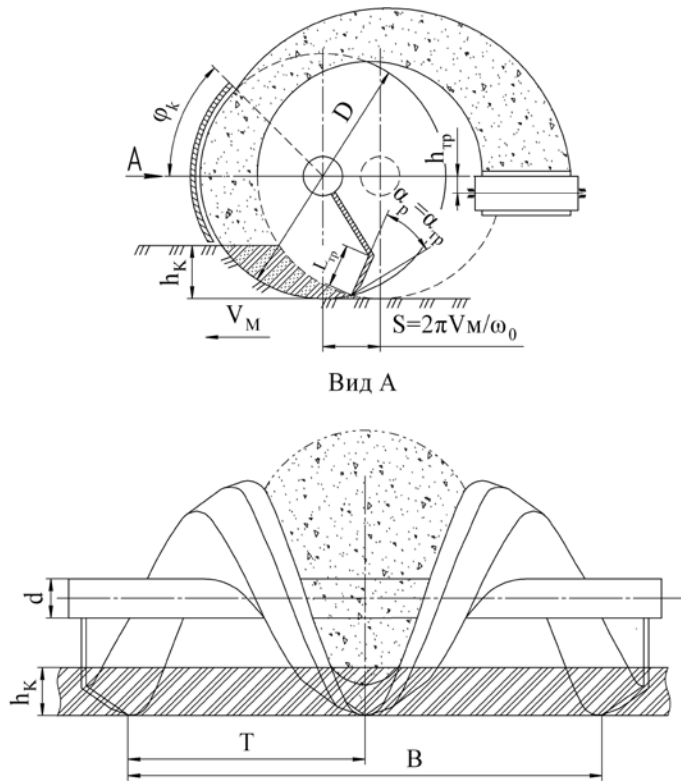


Рис. 1. Конструктивна схема різально-метального робочого органа

обертанні робочого органа викликає утворення призми перед робочим органом у місці сходження витків. Для запобігання цього та зниження енергоємності робочого процесу передбачено при теоретичних та подальших експериментальних дослідженнях обладнання різально-метального робочого органа захисним кожухом; на характер транспортування ґрунту, величину осьової та радіальної складових швидкості транспортування при закритичному режимі роботи різально-метального робочого органа впливає кут  $\alpha_{тр}$ . Доведено, що більш ефективно транспортування ґрунту здійснюється за умов, коли  $\alpha_{тр}$ , адже разом із одночасним сковзанням уздовж по гвинтовій і транспортувальній поверхням відбувається переміщення ґрунту у поперечному напрямі по транспортувальній поверхні під кутом до осі обертання. Це значно підвищує осьову швидкість транспортування ґрунту і абсолютну кутову швидкість обертання ґрунту і, відповідно, відстань метання [2].

За результатами теоретичного аналізу автором побудовані математичні моделі для визначення критичної кутової швидкості, осьової, радіальної й абсолютної кутової швидкості транспортування ґрунту, силових, енергетичних характеристик процесу різання ґрунту різально-метальним робочим органом та параметри мінімальної і максимальної відстані метання ґрунту, параметри зони розподілу ґрунту при падінні на транспортувальний пристрій.

Дотична складова опору різанню (рис. 2)

$$P_{01} = (1 + ctg\alpha_p \cdot tg\delta) h_{cp} b_c \left( \frac{\gamma g h_{cp}}{2} + C_w \cdot ctg\rho (1 - \dots) \right); \quad (1)$$

де  $h_{cp}$ ,  $b_c$  – відповідно середня товщина та ширина різання ґрунту, що зрізується у напрямі різальної кромки ножа гвинтової поверхні робочого органа;  $A_l$  – коефіцієнт, що визначається аналітично [3].

Радіальна складова опору різанню

$$P_{02} = (1 - tg\alpha_p \cdot tg\delta) ctg\alpha_p h_{cp} b_c \left( \frac{\gamma g h_{cp}}{2} + C_w \cdot ctg\rho (1 - \dots) \right); \quad (2)$$

Проведені пошукові експериментальні дослідження виявили такі специфічні особливості перебігу робочого процесу: вагомий вплив на фізичну картину процесу різання та транспортування ґрунту має режим роботи різально-метального робочого органа, що визначається частотою його обертання, яку можна умовно поділити на докритичну, критичну та закритичну. При закритичній частоті обертання відбувається відрив ґрунту від робочого органа та його транспортування в режимі метання; ґрунт, що зрізується при виході на денну поверхню, має абсолютну швидкість, яка складається з осьової та радіальної складових. Це підтверджується тим, що після транспортування в режимі метання ґрунт укладається на горизонтальну поверхню у вигляді безперервного масиву з поперечним перерізом у формі трикутника; наявність осьової швидкості руху ґрунту у зустрічних напрямках по гвинтових робочих поверхнях протилежних напрямів і накопичення його у місці сходження, а також виникнення відцентрових сил при

Повний момент опору на приводному валу робочого органа

$$M = z \cdot h_{\text{сп}} b_c \left( \frac{\gamma g h_{\text{сп}}}{2} + C_w \cdot \text{ctg} \rho \left( 1 - \frac{1}{A_1} \right) \right) (R - 0,5 h_{\text{сп}}) \left[ \sin \alpha_0 (1 + \text{ctg} \alpha_p \text{tg} \delta) + \text{tg} \delta \frac{c_1}{s_1} \right] \quad (3)$$

де  $z$  – кількість витків;  $\alpha_0$  – кут нахилу різальної кромки ножа гвинтової поверхні робочого органа  $\alpha_0 = \arctg(T/f)$

З кінематичного аналізу процесу транспортування (рис. 3) та розв'язання рівняння руху ґрунту по робочій поверхні отримані значення наступних параметрів:

- середня швидкість відносного руху ґрунту по робочій поверхні

$$V_{\text{в1}} = \sqrt{\frac{0,5 \pi R_c [g (\cos \alpha_c \cos \alpha_{\text{тп}} - \omega^2 R_c^2) + \sin \alpha_c \cos \alpha_{\text{тп}}]}{\cos \alpha_c \cos \alpha_{\text{тп}}}}, \quad (4)$$

де  $r$  – відстань між віссю обертання та центром маси поперечного перерізу ґрунту, що транспортується;  $\alpha_c$  – кут нахилу поверхні руху центра маси ґрунту;  $\omega$  – абсолютна кутова швидкість обертання ґрунту.

- середня швидкість відносного руху ґрунту поперек напрямку транспортувальної поверхні

$$V_{\text{в2}} = \sqrt{\frac{0,5 \cdot L_{\text{мг}} [\omega^2 R_c \sin(\alpha_{\text{тп}} - \delta) - g \sin \alpha_c \cos(\alpha_{\text{тп}} - \delta)]}{\cos \delta}} \quad (5)$$

Із плану швидкостей складено рівняння для визначення абсолютної кутової швидкості обертання ґрунту

$$\omega = \omega_0 - \frac{V_{\text{в1}} \cos \alpha_c}{R_c} + \frac{V_{\text{в2}} \cos \alpha_{\text{тп}}}{R_c}. \quad (6)$$

Значення складової абсолютної швидкості в площині YZ

$$V_{\text{а2}} = \sqrt{V_{\text{в1}}^2 + V_{\text{в2}}^2 \cos^2 \alpha_{\text{тп}} + 2 V_{\text{в1}} V_{\text{в2}} \cos(\beta - \alpha_c)}, \quad (7)$$

де  $V_{\text{в1}} = \sqrt{V_{\text{п}}^2 + V_{\text{в1}}^2 - 2 V_{\text{п}} V_{\text{в1}} c_1}$ ;  $\beta = \arccos \frac{V_{\text{в1}}}{V_{\text{п}}}$ .

Кут нахилу вектора

$$\psi = \arcsin \frac{V_{\text{в1}} \sin(\beta - \alpha_c)}{V_{\text{а2}}}. \quad (8)$$

Осьова швидкість транспортування

$$V_{\text{в1с}} = V_{\text{в1}} \sin \alpha_c + V_{\text{в2}} \cos \alpha_{\text{тп}} c_1. \quad (9)$$

Згідно з попередньо встановленою фізичною суттю робочого процесу різально-метального робочого органа показано, що транспортування ґрунту в режимі метання здійснюється із трьох зон (рис. 4). У центральній зоні II в місці сходження робочих поверхонь міститься об'єм ґрунту, який накопичується за рахунок осьової швидкості за час одного оберту робочого органа. Максимальна та мінімальна відстані метання ґрунту із зони II від осі обертання робочого органа до зовнішнього транспортувального пристрою дорівнюють:

$$L_{\text{max}} = \frac{V_0 \cos \varphi_0 \left[ V_0 \sin \varphi_0 + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \varphi_0 - 2g(h_{\text{тп}} - R \sin \varphi_0)} \right]}{g} - R c c; \quad (10)$$

$$L_{\text{min}} = \frac{V_{01} \cos \varphi_0 \left[ V_{01} \sin \varphi_0 + \sqrt{V_{01}^2 \sin^2 \varphi_0 - 2g(h_{\text{тп}} - R \sin \varphi_0)} \right]}{g} - R_1 c c. \quad (11)$$

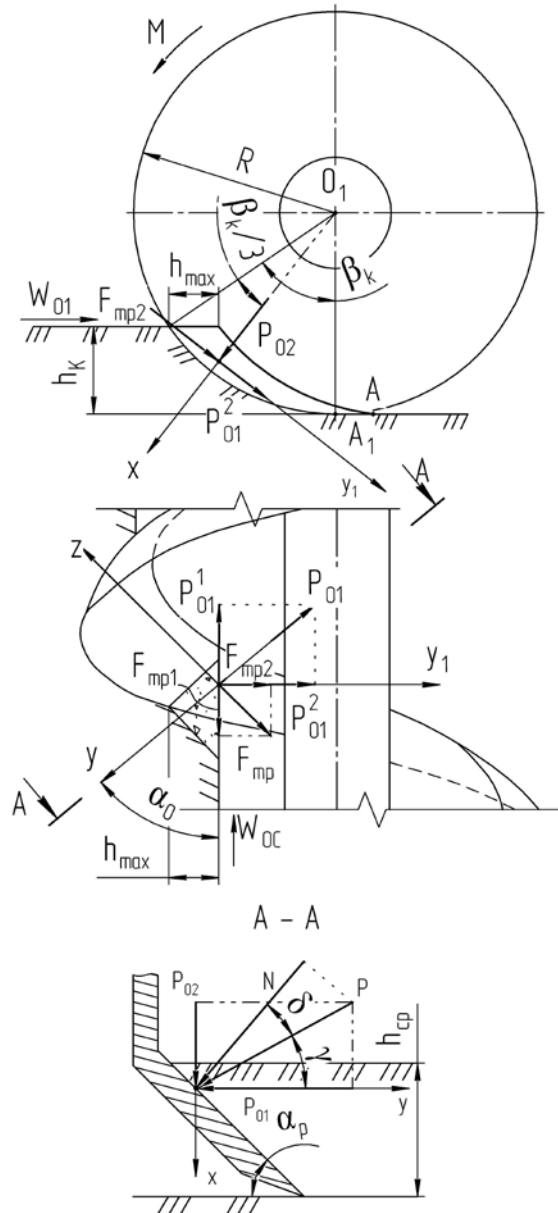


Рис. 2. Схема дії сил опору різання ґрунту гвинтовим ножем

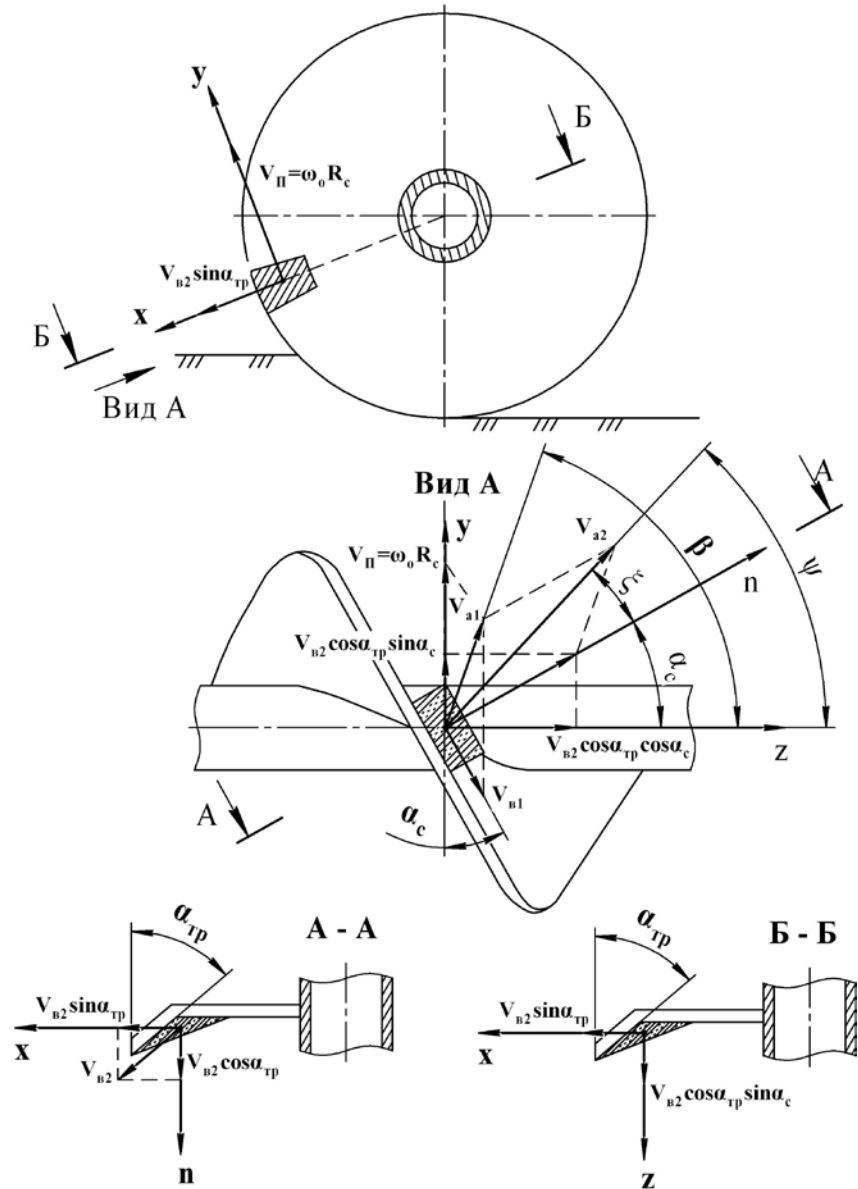


Рис. 3. План швидкостей руху по робочій поверхні різально-метального робочого органа елементарної маси при  $\alpha_{тр}$  під час транспортування

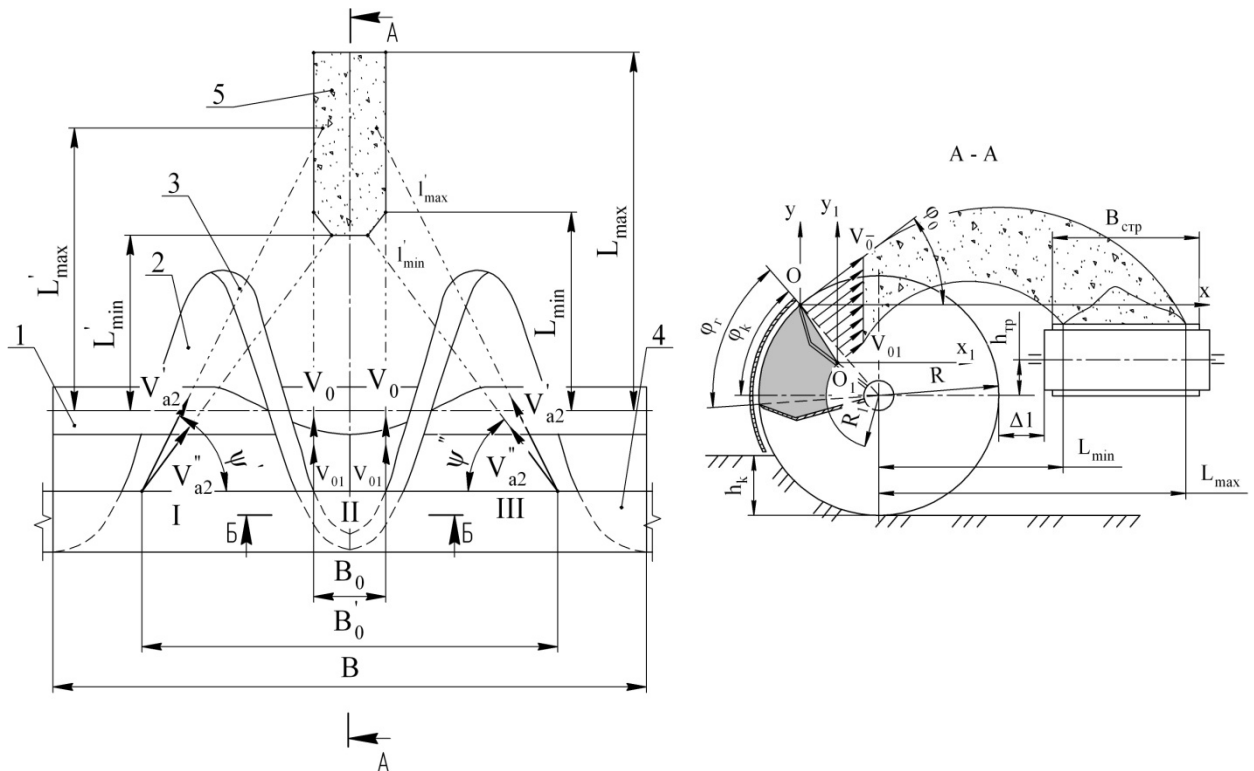


Рис. 4. Розрахункова схема процесу транспортування ґрунту при  $\alpha_{тр}$  (вид зверху на робоче обладнання): 1 – вал; 2, 4 – гвинтова поверхня відповідно лівої та правої навивки; 3 – транспортувальна поверхня; 5 – зрізаний ґрунт

Максимальна та мінімальна відстань метання ґрунту під кутом до осі різально-метального робочого органа із симетричних бічних зон I та III:

$$L'_{max} = \frac{V'_{a2} \cos \varphi_0 \sin \psi' \left[ V'_{a2} \sin \varphi_0 + \sqrt{V'^2_{a2} \sin^2 \varphi_0 - 2g(h_{тр} - R \sin \varphi_k)} \right]}{g} - R \cos \alpha; \quad (12)$$

$$L'_{min} = \frac{V''_{a2} \cos \varphi_0 \sin \psi'' \left[ V''_{a2} \sin \varphi_0 + \sqrt{V''^2_{a2} \sin^2 \varphi_0 - 2g(h_{тр} - R \sin \varphi_k)} \right]}{g} - R_1 \cos \alpha; \quad (13)$$

де  $\psi'$ ,  $\psi''$  – кути нахилу векторів абсолютних швидкостей  $V'$  та  $V''$  на відстанях  $R$  та  $R_1$ .

Баланс потужності різально-метального робочого органа при  $\alpha_{тр}$  має вигляд

$$N = N_p + N_{п} + N_{розг} + N_{т}, \quad (14)$$

де  $N_p$  – потужність на різання ґрунту;  $N_{п}$  – потужність на підйом ґрунту;  $N_{розг}$  – потужність на розгін ґрунту;  $N_{т}$  – потужність на додання сил тертя ґрунту по кожуху або призмі.

$$N_p = \frac{B h_k V_{a2} (1 - \eta)}{1000}, \quad (15)$$

де  $\Pi_p = B h_k V_{a2} (1 - \eta)$  – продуктивність робочого органа при різанні ґрунту,

де  $\eta$  – коефіцієнт урахування незрізаного ґрунту.

$$E_{об} = \frac{2\pi M}{z h_k \Gamma t_{об} V_{a2} (1 - \eta)} - \text{повна енергоємність різання ґрунту від обертання робочого органа.}$$

$$N_{п} = \frac{\Pi_{тр} \omega_0^2 (R - h_k + R \cos \alpha)}{1000}, \quad (16)$$

де  $\Pi_{тр} = \frac{B h_k}{\epsilon}$  – продуктивність робочого органа при транспортуванні ґрунту;  $\epsilon$  – коефіцієнт транспортування ґрунту (отриманий експериментально) [2; 3].

$$N_{розг} = \Pi_{тр} \gamma_p, \quad (17)$$

$$N_{т} = \frac{m_{тр} \omega_0^2 (R - 0,5 h_{тр})}{1000}, \quad (18)$$

де  $m_{тр}$  – маса ґрунту, що контактує із захисним кожухом.

Енергоємність робочого процесу різально-метального робочого органа

$$E = \frac{N}{\dot{V}}. \quad (19)$$



Крутний момент на приводному валу робочого органа

$$M_{po} = \frac{1}{10} \quad (20)$$

Експериментальні дослідження різально-метального робочого органа виконувались у лабораторних умовах кафедри «Будівельних та дорожніх машин» Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (рис. 5).

Метою експериментальних досліджень є встановлення фізичної сутності процесу різання та транспортування ґрунту різально-метальним робочим органом, а також дослідження впливу параметрів, а саме: частоти обертання приводного вала, швидкості руху машини, глибини копання ґрунту, куту встановлення захисного кожуха,  $\alpha_{кож}$  на величину крутного моменту  $M$ , коефіцієнта транспортування  $K_T$  та енергоємності  $E$  робочого процесу різально-метального робочого органа.

Для досягнення поставленої мети досліджень необхідно вирішити такі питання: визначити умови фізичного моделювання, розробити моделі робочого обладнання для дослідження процесу копання ґрунту різально-метальним робочим органом; дослідити на фізичних моделях вплив кута нахилу транспортувальної поверхні на транспортувальну здатність робочого органа; вивчити на фізичній моделі особливості перебігу процесу копання ґрунту різально-метальним робочим органом; отримати значення технологічного показника робочого процесу різально-метального робочого органа у вигляді коефіцієнта транспортування для визначення втрат ґрунту при метанні; отримати силові та енергетичні показники процесу копання ґрунту різально-метальним робочим органом; з'ясувати раціональні умови процесу копання ґрунту різально-метальним робочим органом.

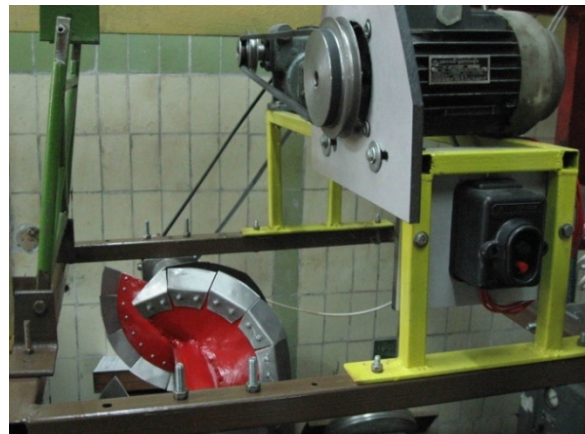
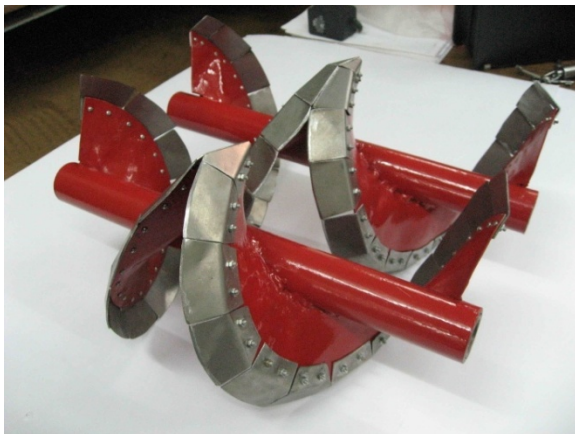


Рис. 5. Загальний вигляд різально-метальних робочих органів

Згідно з умовами проведення експерименту та подальшого аналізу були визначені змінні фактори:  $X_1$  – частота обертання приводного вала,  $n$ ;  $X_2$  – швидкість руху машини,  $V_m$ ;  $X_3$  – глибина копання,  $h_k$ ;  $X_4$  – кут встановлення кожуха,  $\alpha_{кож}$ .

Завдяки складеній методиці розрахунку параметрів різально-метального робочого органа отримано графічні залежності енергетичних параметрів та продуктивності від швидкості руху базових машин різних типів (рис. 6). На рисунку 7 надана оцінка ефективності ЗТМ з різально-метальним робочим органом порівнянно з традиційними ЗТМ.

Таблиця

Показники ефективності використання землерійно-транспортних машин безперервної дії з різально-метальним робочим органом

Показник	Од. виміру	Традиційна машина	Нова машина	
		Грейдер-елеватор ДЗ-507А	Трактор з РМРО Т10М	Автогрейдер ДЗ-298 з РМРО
Продуктивність, $P_m$	м <sup>3</sup> /г	300	440	958
Енергоємність, $E$	кВтг/м <sup>3</sup>	0,4	0,3	0,18
Матеріалоємність, $G_{nut}$	кгг/м <sup>3</sup>	48,3	41,86	28,7

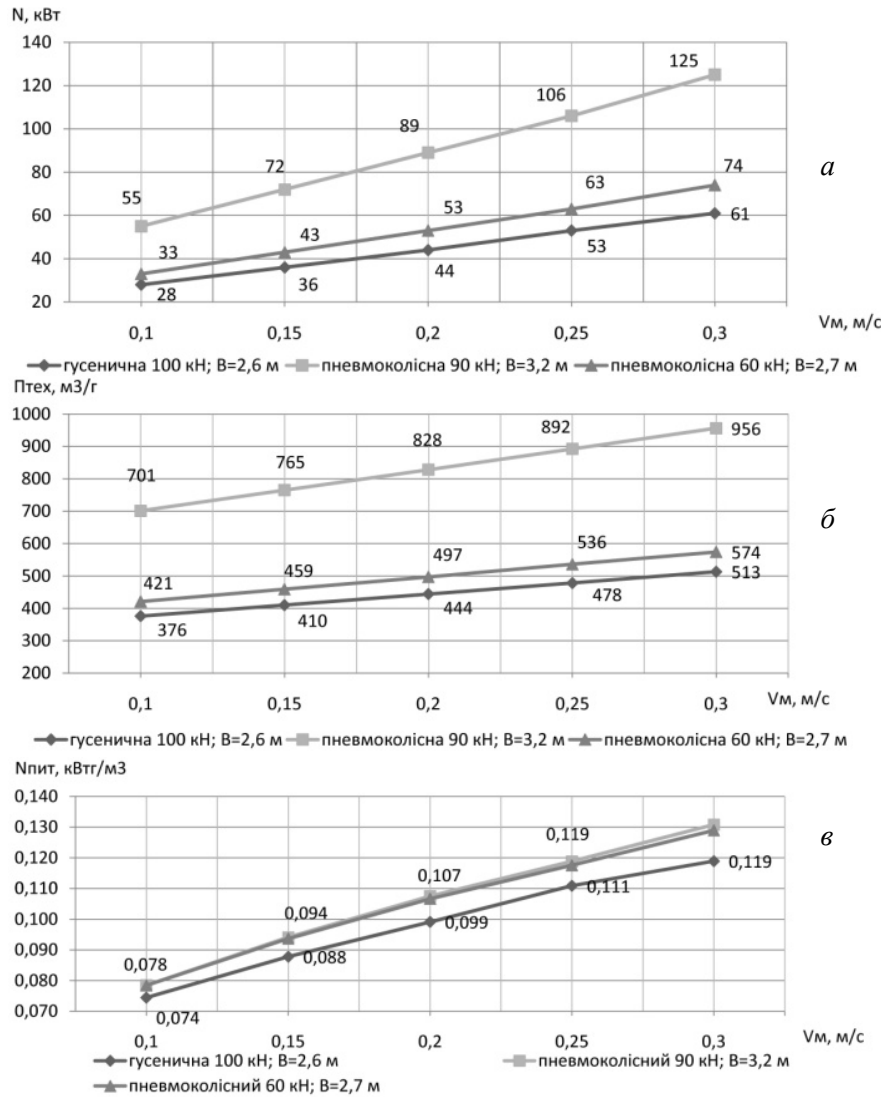


Рис. 6. Графіки показників ефективності: а – потужність; б – технічна продуктивність; в – енергоємність

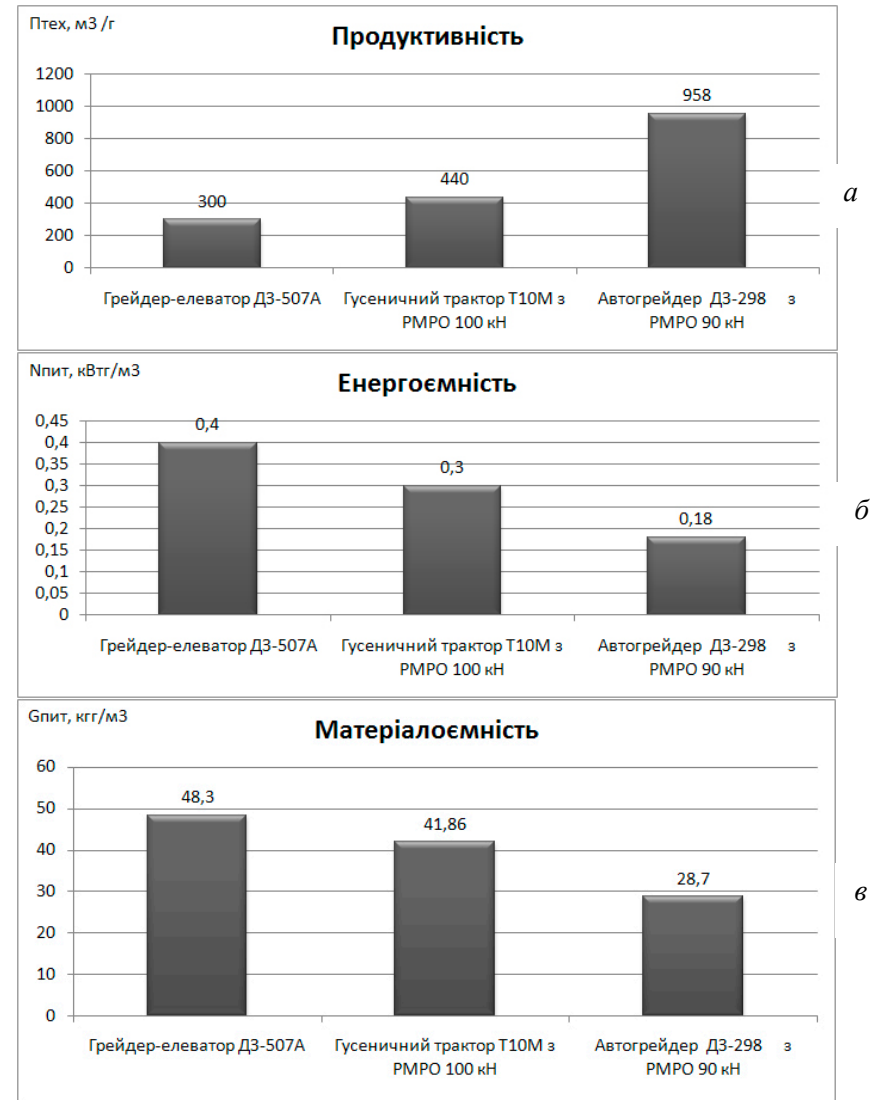


Рис. 7. Гістограми порівняльної оцінки ефективності при виконанні типового технологічного процесу зведення насипу: а – продуктивність; б – енергоємність; в – матеріалоємність



**Висновки.** 1. На підставі виконаного огляду наукових досліджень та технічних рішень землерийно-транспортних машин безперервної дії з активним робочим обладнанням та аналізу якісної характеристики робочого процесу, схем взаємодії з ґрунтом, способом транспортування встановлено, що найперспективнішим робочим обладнанням є таке, що реалізує спосіб розробки ґрунту з одночасним різанням та його транспортуванням у режимі метання, який реалізовано у новому технічному рішенні різально-метального робочого органа.

2. Виявлено закономірності взаємодії різально-метального робочого органа із ґрунтом, які дозволили встановити, що ефективно метання ґрунту зосередженим потоком відбувається за умови, коли кут нахилу транспортувальної поверхні перевищує кут зовнішнього тертя, що підтверджено результатами пошукових експериментальних досліджень.

3. Встановлено вплив режимів роботи на фізичну картину процесу різання та транспортування ґрунту різально-метальним робочим органом, що визначається частотою його обертання, яку можна умовно поділити на докритичну, критичну та закритичну, при якій відбувається відрив ґрунту від робочого органа та його транспортування в режимі метання.

4. Теоретичні моделі геометричних, кінематичних, силових та енергетичних параметрів різально-метального робочого органа, які базуються на підставі теорії граничного стану сипкого середовища та враховують фізико-механічні властивості ґрунту, і дали змогу визначити раціональні інтервали значень: з умови мінімальної енергоємності процесу різання ґрунту співвідношення діаметра до кроку  $D/T = 0,6 - 0,75$ ; з умови максимальної відстані метання  $L_{max}$  та мінімальної різниці між  $L_{max}$  та  $L_{min}$ , а також максимального значення коефіцієнта транспортування  $K_m$ , що враховує втрати ґрунту під час метання, кут встановлення захисного кожуха  $\alpha_{кож} = 45^\circ$ ; з умови найменших значень повної енергоємності доцільно встановлювати частоту обертання вала робочого органа  $n$  у межах: при  $D = 0,6$  м  $\rightarrow n = 120 - 140$  хв<sup>-1</sup>; при  $D = 0,8$  м  $\rightarrow n = 100 - 120$  хв<sup>-1</sup>; при  $D = 1$  м  $\rightarrow n = 90 - 110$  хв<sup>-1</sup>.

5. Проведено багатофакторні експериментальні дослідження та отримані регресійні залежності силових, енергетичних та технологічних показників робочого процесу від геометричних, кінематичних параметрів та умов взаємодії різально-метального робочого органа з ґрунтом, які підтвердили результати теоретичних досліджень порівнянно з експериментальними з розбіжністю 7 % та дали змогу встановити значення коефіцієнта транспортування, що враховує втрати ґрунту при метанні і має межі  $K_m = 0,75 - 0,95$ .

6. Методика інженерного розрахунку дозволила отримати значення параметрів різально-метального робочого органа для базових машин тягового класу 100 – 250 кН:  $D = 0,8 - 1,05$  м; ширина робочого органа  $B = 2,6 - 3,2$  м; ширина транспортувальної поверхні  $L_{mp} = 0,21 - 0,26$  м; частота обертання робочого органа  $n = 110 - 150$  хв<sup>-1</sup>.

7. Оцінка техніко-економічної ефективності землерийно-транспортних машин безперервної дії з різально-метальним робочим органом при виконанні типового технологічного процесу зведення насипу автомобільної дороги встановила: гусеничний трактор (Т10М) з різально-метальним робочим органом порівнянно з грейдер-елеватором ДЗ-507А має більшу експлуатаційну продуктивність на 46 %, меншу питому енергоємність на 33 % та матеріалоємність на 15 %; автогрейдер ДЗ-298 з різально-метальним робочим органом має більшу експлуатаційну продуктивність на 66 %, питому енергоємність меншу на 45 % і матеріалоємність на 60 % порівнянно з грейдер-елеватором ДЗ-507А. Встановлено можливість досягнення річного економічного ефекту у розмірі 333 142 грн при порівнянні автогрейдера ДЗ-298 з різально-метальним робочим органом та традиційного грейдер-елеватора ДЗ-507А при зведенні насипу.

## ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Машини для земляних робіт : навч. посіб. / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, В. В. Ничке та ін. / – [За заг. ред. проф. Л. А. Хмари та проф. С. В. Кравця]. – Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.

2. Голубченко О. І. Кінематичні особливості процесу транспортування ґрунту гвинтовим робочим органом різально-кидалного типу для землерийно-транспортних машин безперервної дії / О. І. Голубченко, М. Е. Хожило // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. Вып. 57 – Д. : ПДАБА, 2010. – С. 36 – 45.

3. **Баловнев В. И.** Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин : учеб. Пособ. для студ. вузов. 2-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1994. – 432 с.

4. **Голубченко О. І.** Багатофакторні експериментальні дослідження процесу копання ґрунту різально-метальним робочим органом / О. І. Голубченко, М. Е. Хожило // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно – транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. Вып. 63. – Д. : ПДАБА, 2011. – С. 93 – 99.

5. **Хожило М. Е.** Експериментальне дослідження процесу взаємодії різально-метального робочого органа з ґрунтом / М. Е. Хожило // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно – транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. Вып. 63. – Д. : ПДАБА, 2011. – С. 84 – 93.

УДК 620.197.3

### ИНГИБИРОВАНИЕ СЕРОВОДОРОДНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ

*В. Ф. Волошин, проф., д. т. н., В. С. Скопенко, доц., к. х. н., В. В. Волошина, н. с.*

**Ключевые слова:** ингибитор, скважина, амино- и имидозолины, импедансометрия

**Проблема.** Защита от коррозии металлических сооружений, трубопроводов, обсадных колонн представляет важную проблему для экономики любой страны, поскольку ущерб, наносимый ею, огромен. Исследования позволили установить размеры вызываемых коррозией потерь материальных ресурсов и денежных средств. Затраты, связанные с коррозией в Австралии, Великобритании и США составляют, соответственно 2,7; 3,5; 4,2 % валового национального продукта [1]. Ежегодные потери металла от коррозии в Японии оцениваются суммой  $2 \cdot 10^6 - 4 \cdot 10^6$  млн иен (10 – 12 млрд долл.) [2]. В ФРГ ежегодные затраты, связанные с коррозией, достигают 60 млрд немецких марок [3].

Нефтяная и газовая отрасли промышленности относятся к числу наиболее металлоемких. Условия работы нефтегазоперерабатывающего оборудования – агрессивные среды ( $3 - 5\% \text{ NaCl} + 0.5 \text{ CH}_3 \text{C}(\text{OH}) \text{OH} + \text{H}_2\text{S}_{\text{нас.}}$ ), высокие пластовые давления (ГО Мпа) и температура (20 – 80°C), сульфатредуцирующие бактерии (СРБ). В связи с этим следует предусматривать необходимый комплекс противокоррозионных мероприятий, обеспечивающих надежность и долговечность бурового оборудования, обсадных и насосно-компрессорных труб, промышленных и магистральных трубопроводов, резервуаров и емкостей.

В комплексе противокоррозионных мероприятий особое место отводится использованию ингибиторов коррозии. Широкое применение ингибиторной защиты объясняется высокой эффективностью данного метода.

Нами разработан ряд эффективных ингибиторов коррозии [4 – 12], которые успешно используются в Украине и странах СНГ для защиты от коррозии нефтяных и газовых скважин, промышленных трубопроводов и оборудования, систем обратного водоснабжения нефтеперерабатывающих заводов. Однако спрос на ингибиторы в Украине и странах СНГ удовлетворен всего лишь на 13 %.

**Цель статьи.** С целью расширения ассортимента ингибиторов и сырьевой базы их получения разработаны новые реагенты – смеси аминокимидазолинов и амидоаминов конденсацией смесей алифатически насыщенных, ненасыщенных жирных кислот (СВЖК) и полиэтиленполиаминов (ПЭПА).

Алифатические ненасыщенные и насыщенные карбоновые кислоты находятся в природе в виде сложных эфиров – жиров. Жиры – это сложные эфиры глицерина и высших жирных кислот («ВЖК»). В образовании сложных эфиров принимают участие, как правило, различные «ВЖК», а из спиртов – только один глицерин. Поэтому эти эфиры называются глицеридами. В жире только 10 % от общей массы приходится на глицерин. Остальные составляют входящие в его состав «ВЖК» в виде триглицеридов.

При кипячении жиров с водными растворами щелочей они гидролизуются до глицерина