

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРґАНІВ

Ляшук О.Л., Дячун А.Є., Третьяков О.Л., Навроцька Т.Д., Круглик О.А.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Представлено розроблений технологічний процес виготовлення гвинтового робочого органу екструдера та технологічне оснащення для його реалізації. Проведено обґрунтування економічної ефективності використання розробленого технологічного процесу виготовлення гвинтового робочого органу екструдера. Встановлено, що витрати на виконання нового технологічного процесу виготовлення комплекту шнекових секцій для одного робочого органу екструдера будуть у 3 рази меншими, у порівнянні з базовим технологічним процесом, а річний економічний ефект при цьому становитиме 120694,37 грн на один робочий орган.

Постановка проблеми. Конструкції гвинтових робочих органів екструдерів мають широке використання у сільськогосподарському виробництві при виробництві кормових сумішей. Проте в процесі тривалої експлуатації екструдера гвинтова робоча поверхня робочого органу екструдера піддається значним навантаженням та інтенсивному зношенню. Відтак шнекові робочі органи екструдерів значно частіше потребують ремонту чи заміни у порівнянні з іншими деталями і механізмами екструдерів. Тому існує значна необхідність у розробленні технологічного процесу виготовлення гвинтового робочого органу екструдера, що забезпечив би значно вищі параметри, які б сприяли підвищеній надійності та довговічності його гвинтового робочого органу.

Аналіз останніх досліджень. Питаннями технологічності конструкцій шнеків, розробкою і дослідженням різних способів їх виготовлення займались Б.М. Гевко [3, 10], М.І. Пилипець [9], Р.М. Рогатинський [7, 11], В.В. Васильків [1], А.П. Драган [5], А.Є. Дячун [6] та багато інших. Однак цілий ряд питань, що стосуються дослідженню технологій виготовлення і зміцнення їх гвинтових робочих поверхонь з метою збільшення довговічності цих деталей потребують подальшого вивчення.

Мета роботи. Метою роботи є техніко-економічне обґрунтування процесу виготовлення гвинтових робочих органів екструдерів для виробництва кормових сумішей.

Основна частина. На сьогоднішній день у сільськогосподарському виробництві при виготовленні кормових сумішей (табл. 1) досить широко використовуються установки і лінії, до складу яких входять механізми для змішування і подачі сільськогосподарських матеріалів та екструдери (рис. 1).

Таблиця 1 – Склад кормових сумішей для годівлі тварин і птиці

Кормові суміші:	Вміст компонента, %					
	кукурудза	пшениця	ячмінь	біб	соя	соняшник
- для свиней і птиці	50	30	20	-	-	-
- для корів до отелення	50	30	-	20	-	-
- для корів після отелення	50	25	-	15	10	-
- для великої рогатої худоби	50	25	5	10	5	5

Конструкція гвинтового робочого органу екструдера (рис. 1) включає вал, на зовнішньому діаметрі якого жорстко з можливістю осевого переміщення встановлені окремі секції шнеків (рис. 2), на яких по зовнішньому діаметрі нарізано по 3...4 витки різних кроків. Причому шнеки встановлені впритул, у вигляді суцільної гвинтової лінії. Надамо коротку характеристику конструкції гвинтового робочого органу екструдера: загальна довжина вала $L = 160$ мм; робоча довжина $l = 80$ мм; зовнішній діаметр шнека $D = 60$ мм; внутрішній діаметр шнека $d = 50$ мм; крок p змінний (від 5 до 20 мм); товщина витка h від 3 до 5 мм; матеріал шнека - Сталь 45.

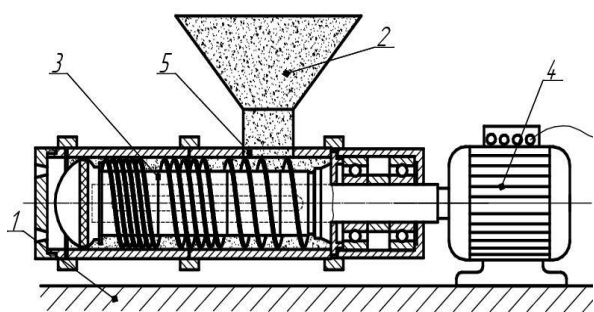
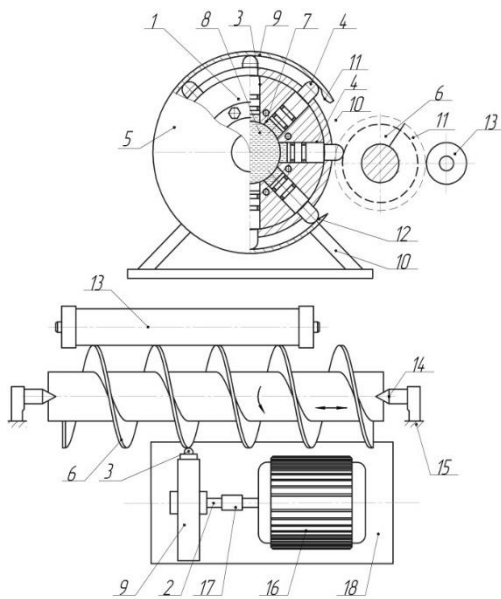


Рис. 1 – Конструктивна схема екструдера

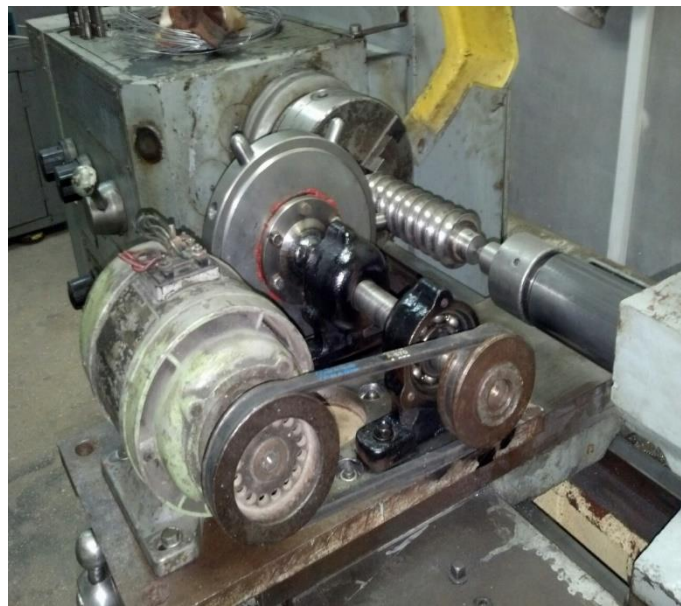


Рис. 2 – Окремі секції шнеків екструдера

В процесі роботи гвинтова робоча поверхня екструдера піддається значним навантаженням та інтенсивному зношенню. Тому необхідно було розробити технологічний процес виготовлення гвинтового робочого органу екструдера, який би забезпечив значно вищі параметри, які б сприяли підвищеній надійності та довговічності гвинтового робочого органу. Відповідно було розроблено і апробовано технологічний процес виготовлення гвинтового робочого органу екструдера, який замість операції гартування включає операцію зміцнення, яка виконується зі спеціально розробленим обкатним інструментом для зміцнення гвинтових робочих органів [8] (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3 – Процес зміцнення поверхні гвинтового робочого органу з використанням обкатного інструменту: а) конструктивна схема; б) загальний вигляд

Робота обкатного інструменту для зміцнення гвинтових робочих органів здійснюється наступним чином. Гвинтовий робочий орган встановлюють в центрах на плиті. Сюди також встановлено диск з підведеної до її середини мастилом підвищеного тиску і здійснюють їх монтаж для процесу здійснення зміцнення. При цьому диск з деформуючими пуансонами обертаються зі швидкістю 1000 і більше об/хв. і здійснюють зміцнення гвинтового робочого органу по всій довжині зовнішнього діаметра. Тривалість часу зміцнення становить від 20 до 80 с на один виток шнека в залежності від кількості ударів за цей час. Ефективна тривалість (при вищій частоті ударних навантажень) становить 20 с на один виток, що в перерахунку на одну умовну шнекову секцію екструдера становить 80 с, а на весь комплект шнеків для одного робочого органу екструдера – 320 с. Для приведення в рух обкатного інструменту використовується електродвигун потужністю 0,9 кВт. Після завершення процесу зміцнення гвинтового робочого органу його знімають з пристрою і встановлюють інший.

Також розроблений технологічний процес виготовлення гвинтового робочого органу екструдера передбачає нарізання гвинтової канавки з використанням спеціального пристрою (рис. 4), який забезпечує нарізання канавки одночасно багатьма різцями (8) замість одного. Це забезпечує значну економію часу та витрат електроенергії при нарізанні (у 8 разів), підвищення якості процесу за рахунок зменшення величини деформації заготовки та вищої жорсткості системи заготовка-пристрій, а також часткової компенсації сил різання протилежно розташованих різців.

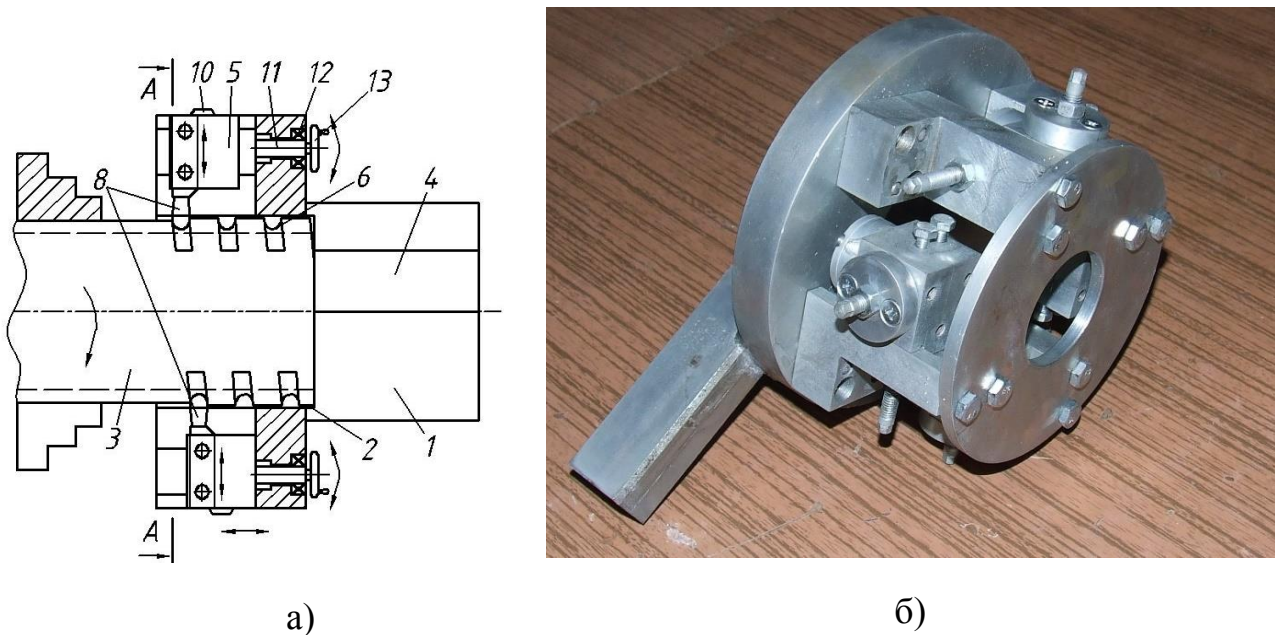


Рис. 4 – Пристрій для нарізання гвинтової канавки робочого органу екструдера: а) конструктивна схема; б) загальний вигляд

Проведемо обґрунтування економічної ефективності використання розробленого технологічного процесу виготовлення гвинтового робочого органу екструдера на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16Е16КП.

Порівняння варіантів відмінних операцій технологічного процесу виготовлення комплекту шнекових секцій для одного робочого органу екструдера по окремих критеріях представлено в табл. 2. Дані, які представлено в табл. 2, є порівняльними і можуть змінюватись в залежності від зміни параметрів шнекових секцій, величини оплати праці працівників, вартості електроенергії тощо.

Проведемо підрахунок певних витрат на виконання окремих операцій по базовому та проектному варіанті технологічного процесу виготовлення комплекту шнекових секцій для одного робочого органу екструдера.

Витрати на заробітну плату робітника, зайнятого виконанням операцій, з врахуванням єдиного соціального внеску (0,22 згідно Закону України від 21 грудня 2016 року № 1801-VIII «Про Державний бюджет України на 2017 рік») визначатимуться за формулою [2, 4]:

$$Z = \sum T_i \cdot T_{cl} \cdot K_i \cdot K_n,$$

де: Z – затрати на зарплату робітника; T_i – трудомісткість i -ї операції чи переходу, год.; T_{cl} – величина тарифної ставки 1-го розряду ($3723/(21 \cdot 8) = 22,16$ грн./год.); K_i – тарифний коефіцієнт i -го розряду; K_n – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок (1,22).

Витрати на заробітну плату по базовому варіанті складуть:

$$Z_6 = (264/3600) \cdot 22,16 \cdot 1,35 \cdot 1,22 + (480/3600) \cdot 22,16 \cdot 1,09 \cdot 1,22 = 6,61 \text{ грн.}$$

Витрати на основну заробітну плату по проектному варіанті складуть:

$$Z_n = (33/3600) \cdot 22,16 \cdot 1,35 \cdot 1,22 + (320/3600) \cdot 22,16 \cdot 1,35 \cdot 1,22 = 3,57 \text{ грн.}$$

Таблиця 2 – Порівняння окремих критеріїв різних варіантів технологічного процесу виготовлення комплекту шнекових секцій для одного робочого органу екструдера

Базовий варіант	Проектний варіант
Обладнання: токарно-гвинторізний верстат моделі 16E16КП	Обладнання: токарно-гвинторізний верстат моделі 16E16КП
Вартість б/у обладнання - 82 тис. грн.	Вартість б/у обладнання - 82 тис. грн.
Потужність: - головний рух: 7,5 кВт; - рух подачі: 0,37 кВт; - насоса охолодження: 0,12 кВт.	Потужність: - головний рух: 7,5 кВт; - рух подачі: 0,37 кВт; - насоса охолодження: 0,12 кВт.
Розряд робітника - 4	Розряд робітника - 4
Тривалість операції нарізання гвин-тової канавки усіх шнекових секцій робочого органу екструдера: 264 с.	Тривалість операції нарізання гвин-тової канавки усіх шнекових секцій робочого органу екструдера: 33 с.
Обладнання: термоміч СНО 6x4x4\10 35 кВт.	Обладнання: токарно-гвинторізний верстат моделі 16E16КП.
Вартість б/у обладнання - 20 тис. грн.	Вартість б/у обладнання - 83 тис. грн.
Потужність: 35 кВт.	Потужність: - головний рух: 7,5 кВт; - рух подачі: 0,37 кВт; - насоса охолодження: 0,12 кВт; - рух обкатного інструменту: 0,9 кВт.
Розряд робітника - 2	Розряд робітника - 4
Тривалість операції гартування комплекту шнекових секцій для одного робочого органу екструдера: 480 с.	Тривалість операції зміцнення комплекту шнекових секцій для одного робочого органу екструдера: 320 с.

Витрати на електроенергію при вказаних параметрах визначатиметься за формулою [2, 4]:

$$E = \sum T_i \cdot C_{ел.ен} \cdot B_{кгод},$$

де: $C_{ел.ен}$ – ціна 1 кВт/год. електроенергії (II клас – 1,96 грн. з 01.12.2017р. для промислових та прирівняні до них споживачі з приєднаною потужністю 750 кВА і більше); $B_{кгод}$ – приведений обсяг споживання електроенергії обладнанням при виконанні операції чи переходу, кВт/год.

Витрати на електроенергію по базовому варіанті складуть:

$$E_{\text{б}} = (264/3600) \cdot 1,96 \cdot (7,5+0,37+0,12) + (480/3600) \cdot 1,96 \cdot 35 = 10,64 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію по проектному варіанті складуть:

$$E_n = (33/3600) \cdot 1,96 \cdot (7,5+0,37+0,12) + (320/3600) \cdot 1,96 \cdot (7,5+0,37+0,12+0,9) = 1,69 \text{ грн.}$$

Затрати на амортизацію обладнання (при використанні в одну зміну), при обробленні одиниці продукції, визначаємо з залежності [2, 4]:

$$A = B_o \cdot K_a \cdot \Sigma T_i / T_\delta,$$

де: B_o - вартість обладнання, яке використовується в процесі, грн.;
 K_a - коефіцієнт амортизації, 0,2; T_δ - дійсний час роботи обладнання протягом року, 2070 год.

Витрати на амортизацію обладнання (при використанні в одну зміну), по базовому варіанті складуть:

$$A_\delta = ((264/3600) / 2070) \cdot 82000 \cdot 0,2 + ((480/3600) / 2070) \cdot 20000 \cdot 0,2 = 0,84 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію обладнання (при використанні в одну зміну), по проектному варіанті складуть:

$$A_n = (((33 + 320) / 3600) / 2070) \cdot 82000 \cdot 0,2 = 0,78 \text{ грн.}$$

Провівши відповідні розрахунки за елементами окремих витрат на виконання базового та проектного варіантів технологічного процесу виготовлення комплексу шнекових секцій для одного робочого органу екструдера, їх результати відображено в таблиці 2.

Таблиця 3 – Підрахунок за елементами окремих витрат на виконання технологічного процесу виготовлення комплексу шнекових секцій для одного робочого органу екструдера

Елементи витрат	Базовий варіант	Проектний варіант
Затрати на зарплату	6,61	3,57
Витрати на електроенергію	10,64	1,69
Витрати на амортизацію обладнання	0,84	0,78
Разом витрат	18,09	6,04

Річний економічний ефект при заміні базового варіанту технологічного процесу виготовлення комплексу шнекових секцій для одного робочого органу екструдера на проектний:

$$E_p = (3600 \cdot 2070 / (264 + 480)) \cdot (18,09 - 6,04) = 120694,37 \text{ грн.}$$

Висновки. Отже, витрати на виконання нового технологічного процесу виготовлення комплекту шнекових секцій для одного робочого органу екструдера будуть у 3 рази меншими, у порівнянні з базовим технологічним процесом. Річний економічний ефект при заміні базового варіанту технологічного процесу виготовлення комплекту шнекових секцій для одного робочого органу екструдера на проектний становитиме 120694,37 грн.

Список використаних джерел

1. Васильків В.В. Розвиток науково-прикладних основ розроблення технологій виробництва гвинтових і шнекових заготовок з використанням уніфікації: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.02.08 / Василь Васильович Васильків; Нац. ун-т «Львів. Політехніка». – Львів, 2015. – 312 с.
2. Галушак М.П., Оксентюк А.О., Гевко І.Б. Організація виробництва у прикладах та задачах: Навчальний посібник / М. П. Галушак, А. О. Оксентюк, І. Б. Гевко. – К.: Кондор, 2010. – 214 с.
3. Гевко Б. М. Технология изготовления спиралей шнеков / Б. М. Гевко. – Львов : Вища школа, 1986. – 128 с.
4. Гевко І.Б. Управління процесом розробки і освоєння виробництва нових виробів: Підручник. – / [І. Б. Гевко, Б. М. Гевко].Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. - 199 с.
5. Драган А.П. Теоретичні передумови технологічного процесу виготовлення гвинтових гофрованих заготовок: дис... канд. техн. наук: 05.02.08 / Драган Андрій Петрович; Тернопільський держ. техн. ун-т ім. І. Пулюя. – Т., 2007. – 198 с.
6. Дячун А.Є. Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення профільних гвинтових заготовок: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Дячун Андрій Євгенович; ТДТУ ім. І. Пулюя. – Т., 2008. – 208 с.
7. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів / Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Дячун А.Є. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. – 278 с.
8. Пат. № 108422. Україна, МПК (2006.01) В24В 39/04. Обкатний інструмент для зміцнення гвинтових робочих органів / Ляшук О.Л.; Сокіл М.Б.; Третяков О.Л.; Навроцька Т.Д.; Клендій В.М.; Марчук Р.М.; заявники і патентоотримувачі Ляшук О.Л.; Сокіл М.Б.; Третяков О.Л.; Навроцька Т.Д.; Клендій В.М.; Марчук Р.М. – №u201601511; заявл. 18.02.2016; опубл. 11.07.2016, Бюл. №13. - 4с.
9. Пилипець М.І. Науково-технологічні основи виробництва навивних заготовок деталей машин: дис... д-ра техн. наук: 05.02.08 / Михайло Ількович Пилипець; Нац. ун-т «Львів. Політехніка». – Львів, 2002. – 445 с.
10. Технологічні основи формоутворення спеціальних профільних гвинтових

деталей / [Б. М. Гевко, О. Л. Ляшук, І. Б. Гевко та ін.]. – Тернопіль : ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. – 367 с.

11. Feasibility study of the method choice of manufacturing screw cleaning elements with the development and use of software. Acta Technologica Agriculturae // [Roman Rogatinskiy, Ivan Hevko, Andriy Gypka, Oksana Garmatyk, Sergiy Martsenko] // Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2017. - № 2, P. 36-41.

Аннотация

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВИНТОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Ляшук О.Л., Дячун А.Е., Третьяков О.Л., Навроцкая Т.Д., Круглик О.А.

Представлен разработанный технологический процесс изготовления винтового рабочего органа экструдера и технологическое оснащение для его реализации. Проведено обоснование экономической эффективности использования разработанного технологического процесса изготовления винтового рабочего органа экструдера. Затраты на выполнение нового технологического процесса изготовления комплекта шнековых секций для одного рабочего органа экструдера будут в 3 раза меньше, по сравнению с базовым технологическим процессом.

Abstract

TECHNICAL AND ECONOMIC GROUNDS FOR THE PROCESS OF MANUFACTURING OF MILITARY WORKING BODIES

O. Lyashuk, A. Dyachun, O. Tretiakov, T. Nuvrocka, A. Kruglik

The developed technological process of manufacturing of screw working body of extruder and technological equipment for its realization is presented. The substantiation of the economic efficiency of the use of the developed technological process for manufacturing the screw working body of the extruder has been carried out. Costs for the implementation of a new technological process of manufacturing a set of screw sections for one working extruder body will be 3 times smaller, compared with the basic technological process.