

Герасимчук О.П., Ткачук О.Л.
Луцький національний технічний університет

СИСТЕМНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МЕТОД МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ НА ПРИКЛАДІ ЛЬОНОБРАЛКИ ТЛН-1,5

Наведений системно-технологічний метод модернізації технічних систем, що враховує системний вплив елементарних операцій на формування якості та енерговитрат, їхню залежність від параметрів та режимів функціонування робочих органів та дає можливість здійснювати пошук напрямів підвищення технічного рівня технічних систем, зокрема льонобралки ТЛН-1,5

Ключові слова: технічна система, модернізація, якість енергоефективність, метод, льонобралка.

Постановка проблеми. Еволюція технічних об'єктів (систем) є головною рисою науково-технічного прогресу. В процесі еволюції технічні системи (ТС) змінюються з метою більш повного задоволення потреб людини, що досягається шляхом покращення якісних показників ТС та зменшення їх енергомісткості.

Еволюція ТС відбувається шляхом створення нових або модернізації (удосконалення) існуючих ТС. Створення ефективних (високоякісних, енергоекономних) ТС повинно базуватись на науково-обґрунтованих методах розроблення машин на основі системного підходу.

Успішне вирішення цієї задачі потребує застосування методу модернізації техніки з метою підвищення її технічного рівня до рівня кращих світових аналогів. Розроблення методу вирішення задачі підвищення технічного рівня сільськогосподарських машин, в тому числі машини для брання льону, на основі їх модернізації є актуальною проблемою, що потребує теоретичного обґрунтування та практичної апробації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблеми еволюції технічних систем є об'єктом вивчення таких наук як теорія технічних систем, системотехніка, технічна творчість.

В.Хубкою [1] проаналізовано закономірності еволюції ТС, окреслені етапи їх створення та оцінки, запропоновані блок-схеми алгоритмів створення і використання ТС та їх оцінки, що є узагальненими і носять навчально-методичну цінність.

Система задач пошуку і вибору технічних рішень у відповідності до ієрархії опису ТС наводиться в роботах з технічної творчості, зокрема в працях Половинкіна А.І [2]. Автором відмічено ітераційність процесу вирішення творчих задач розроблення ТС та визначено місце методів технічної творчості у системі задач пошуку і вибору технічних рішень.

Над проблемою створення ефективних методів розроблення ТС працювали багато науковців і винахідників. Ними запропоновано десятки методів вирішення інженерних задач, зокрема мозкова атака, синектика, морфологічний аналіз і синтез, функціонально-вартісний аналіз, алгоритм вирішення винахідницьких задач [3-6] та ін. Ці методи дають змогу пришвидшити пошук кращого технічного рішення, особливо, якщо воно знаходиться за межами традиційної області пошуку і використовується при модернізації ТС.

Питання доцільності модернізації існуючої чи створення нової ТС, а також механізм її реалізації розглянуто в роботі [7]. Ієрархічну послідовність проектно-конструкторських задач стосовно галузі льонарства розглянуто в роботі [8]. Проте, проблема розроблення ефективних методів модернізації залишається актуальною.

Постановка завдання. Удосконалити системно-технологічний метод модернізації сільськогосподарської техніки і провести його практичну апробацію на льонобралці ТЛН-1,5.

Виклад основного матеріалу. Спершу визначимось з системою понять, зокрема зі змістом терміну «модернізація ТС», застосувавши методологічний апарат теорії технічних систем. Модернізація (удосконалення) ТС (від фр. moderne – сучасний) – це процес зміни її стану з початкового (базова ТС) до кінцевого (модернізована ТС), що виконується з метою покращення ефективності її функціонування, зокрема підвищення якісних показників та зменшення енергомісткості (рис. 1).

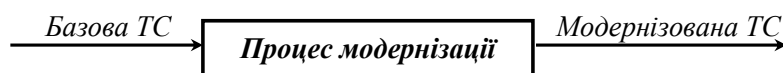


Рисунок. 1. Процес модернізації

Не кожна зміна стану ТС є модернізацією. Навряд чи можна вважати модернізацією зміни ТС, які ведуть до погіршення ефективності її функціонування. Тобто, термін «модернізація ТС» однозначно передбачає покращення ефективності функціонування ТС.

Розмежуємо поняття «модернізація ТС» і «створення ТС». Якщо для задоволення певних людських потреб ТС не існувало, то однозначно можна вести мову про необхідність створення нової ТС. Проте, у практичній діяльності, часто виникає ситуація, коли для задоволення певних потреб існує одна або декілька ТС, що не задовольняють нас за певними критеріями. В цьому випадку слід відмітити відносність термінів «модернізація ТС» і «створення ТС», так само, як і термінів «ТС» і «елемент». Адже, модернізацію ТС, наприклад, льонобралки, можна здійснити шляхом заміни її елементів, наприклад, конструкції вивідного устаткування на нове, тобто створенням нової конструкції вивідного устаткування. По відношенню до ТС «льонобралка» виконано модернізацію, по відношенню до ТС «вивідне устаткування» – створено нову ТС. Створення нової ТС – підрівнювача стрічки стебел льону передбачає модернізацію надсистеми – технології збирання льону-довгунця.

Узагальнюючи вищесказане, відмітимо цілісність і ієрархічність понять «модернізація ТС», та «створення ТС» в процесі вищого ієрархічного рівня – процесі еволюції ТС.

Відмінність між процесами модернізації і створення машини, полягає у зміні послідовності формування її структури (рис. 2), що є частиною структури «Технологічний комплекс машин» [9].

Кожна технічна система призначена для перетворення предметів праці за певною технологією. Тому при створенні машини послідовно виконуються наступні етапи її синтезу: формування необхідності якісного перетворення предметів праці, вибір технології, виділення елементарних операцій та вибір елементарних робочих органів, що виконують ці операції, обґрунтування машинної технології, машинних процесів та формування структури машини.



ПП – предмети праці; Т – технологія; ЕО – елементарна операція; ЕРО – елементарних робочих орган; МТ – машинна технологія; МП – машинний процес; М – машинна; ТП – технологічний процес; МА – машинний агрегат

Рисунок 2. Структура системи машинний агрегат

При проведенні модернізації предметом розгляду є ТС, яка потребує аналізу для визначення тих елементарних робочих органів, що погіршують якісні та енергетичні показники технологічного процесу. На основі аналізу структури ТС, процесів та технології виділяють елементарні робочі органи та елементарні операції, що погіршують якісні та енергетичні показники процесу перетворення та їх змінюють, а отже змінюють структуру машини

Необхідно відмітити множину підходів до здійснення модернізації ТС. Самим простим є підхід, що базується на «методі проб і помилок», коли винахідник або конструктор при проведенні модернізації керується лише інтуїцією і власним досвідом, а не науковими знаннями. Даний підхід є ненауковим, та не може застосовуватись до складних технічних систем, де ціна помилки може виявитись катастрофічною.

Науково-обґрунтовані підходи до модернізації базуються на обґрунтуванні задач модернізації ТС, обґрунтуванні призначення ТС та функцій її окремих елементів, обґрунтуванні конкретних змін ТС. На кожному з цих етапів об'єкт модернізації розглядається як цілісна множини елементів і відношень між ними, що дає змогу виявити закономірності і взаємозв'язки, а отже підвищити ефективність процесу модернізації. Таким чином, системний підхід є вищим рівнем наукового пізнання, що дозволяє підвищити ефективність як процесу постановки задач модернізації, так і технологічного та фізичного (механічного) її обґрунтування. Тобто можна вести мову про два ієрархічні рівні обґрунтування модернізації ТС – системно-технологічний та фізико-технологічний (механіко-технологічний) (рис. 3). Необхідно враховувати цілісність системно-технологічного і механіко-технологічного обґрунтування модернізації ТС в процесі вищого ієрархічного рівня – системно-технологічному обґрунтування модернізації.

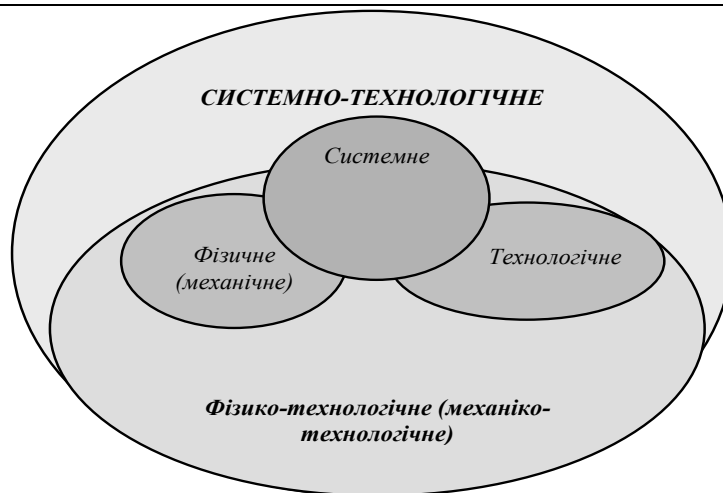


Рисунок 3. Підходи до обґрунтування модернізації ТС

Базуючись на понятті модернізації ТС, виходячи з системно-технологічного підходу до її реалізації, керуючись логікою процесу наукового пізнання, сформулюємо механізм проведення модернізації ТС у вигляді алгоритму, що містить наступні етапи:

1. Наявність підстав для модернізації. Підставою для проведення модернізації є суперечності між потребами та можливостями наявних ТС, які виникають внаслідок:

- неналежного виконання ТС технологічного процесу, що виявляється в процесі її експлуатації;
- появи ТС конкурентів, що ефективніше реалізують технологічний процес;
- зміни технології, а отже вимог до ТС, що її реалізують.

Таким чином завданням модернізації ТС є виявлення і усунення суперечностей між технічним рівнем наявних ТС і вимогами до їхнього технічного рівня, що виникають на певному етапі еволюції техніки. Для виявлення зазначених суперечностей необхідно проаналізувати масив емпіричних даних про технічний рівень наявних ТС з метою обґрунтування доцільності модернізації однієї з них.

2. Оцінка технічного рівня наявних ТС та обґрунтування доцільності модернізації вибраної ТС. Оцінку технічного рівня ТС слід проводити за емпіричними даними, тобто отриманими в результаті експлуатації ТС. Якщо існує декілька ТС аналогічного функціонального призначення, то оцінку технічного рівня слід проводити для кожної системи. Доцільно здійснювати модернізацію тих ТС, що мають технічний рівень вищий за системи аналогічного функціонального призначення, хоча можливі і інші критерії вибору – наприклад розповсюдження ТС.

Для вибраної технічної системи формулюємо задачу модернізації.

3. Постановка задачі модернізації виконується у наступній послідовності:

3.1. Формулюються перелік вимог до якісного перетворення операнда (об'єкта дії, предмета праці) з одного стану (вхідний або початковий) в інший стан (вихідний або кінцевий), яке реалізується в під час виконання технологічного процесу. На даному етапі важливо визначити узагальнений вектор вхідних показників операнда X та узагальнений вектор вихідних показників операнда Y – кількісних та якісних показників перетворення. Зв'язок між векторами вихідних і вхідних показників:

$$Y = F(X, Z), \quad (1)$$

де $F(X, Z)$ – функція, що реалізується машиною, яка удосконалюється; Z – вектор, що характеризує фізичні і функціональні параметри ТС, що здійснює процес перетворення.

3.2. Формування вектора вихідних показників (критеріїв якості) Y_N , які повинні забезпечувати модернізована ТС. Кожному елементу вектора Y_N відповідає елемент вектора вихідних показників базової ТС Y . Задачею цього етапу є не визначення конкретних числових значень елементів вектора Y_N , а встановлення тенденцій, тобто визначення векторів:

$$\left. \begin{array}{l} Y_N^+ \in Y_N, \\ Y_N^- \in Y_N, \end{array} \right\} \quad (2)$$

де Y_N^+ , Y_N^- – вектори, що містять вихідні показники операнда, які необхідно збільшувати та зменшувати відповідно.

3.3. Постановка задачі модернізації. Математично задачу модернізації можна представити як знаходження оператора (удосконаленої конструкції ТС), що реалізує функцію F_N за мінімальних енерговитрат E :

$$\begin{aligned} Z & - ? \\ Y_N & = F_N(X, Z), \\ Y_N^+ & \rightarrow \max, Y_N^+ \in Y_N, \\ Y_N^- & \rightarrow \min, Y_N^- \in Y_N, \\ E & \rightarrow \min. \end{aligned} \quad (3)$$

Наступним етапом є обґрунтування послідовності формування якісних і енергетичних показників на кожній операції технологічного процесу.

4. Технологічне обґрунтування модернізації

4.1. Поділ перетворення на елементарні операції. Елементарна операція – це операція, яка передбачає лише одну робочу дію і не може бути подрібнена на менші операції, наприклад операції типу розділити, перемістити, відділити. В результаті отримуємо вектор елементарних операцій E_B , що виконує необхідне перетворення в базовій машині.

4.2. Знаходження принципів дії (ефектів), за допомогою яких реалізується елементарна операція. В результаті отримуємо вектор EF_B , кожен елемент якого – це елементарна операція і ефект, що її реалізує. Вектор EF_B є функціональною схемою перетворення, що реалізована в базовій ТС.

4.3. Якісна та енергетична оцінки кожної елементарної операції – елемента вектора EF_B . Як зазначалось вище, для задоволення потреби необхідне якісне перетворення операнда, яке здійснюється в результаті виконання послідовності елементарних операцій. Кожна елементарна операція забезпечує елементарну якість. В результаті отримуємо вектор якісної оцінки елементарних операцій Q_B .

Для виконання елементарної операції необхідна певна енергія, яка в результаті її здійснення перетворюється в роботу. Так як ефекти, що використовуються при виконанні елементарних операцій відомі, можна провести енергетичну оцінку елементарної операції, тобто визначити корисну роботу. В результаті отримуємо вектор енергетичної оцінки принципу дії, що закладений в базовій машині E_B . Сума елементів вектора E_B є мінімально необхідною енергією для реалізації заданого перетворення з використанням принципу дії, що закладений в базовій машині:

$$E_{\min} = \sum E_B. \quad (4)$$

Величина W_{\min} разом є орієнтиром при удосконаленні конструкції машини.

5. Структурна оптимізація ТС, що включає:

5.1. Структурну декомпозицію базової ТС. Визначення робочих органів, що виконують певні елементарні операції. Формування структури робочих органів базової ТС, що описується вектором структури O_B , елементами якого є робочі органи ТС.

5.2. Енергетичну та якісну оцінку виконання елементарних операцій робочими органами. Визначення векторів енергетичної та якісної оцінки структури робочих органів E_O та Q_O .

5.3. Порівняння відповідних елементів векторів якісної оцінки Q_B та Q_O . Визначення підмножини робочих органів базової ТС, що знижують якісні показники перетворення.

5.4. Порівняння відповідних елементів векторів енергетичної оцінки W_B та W_O . Визначення підмножини робочих органів базової ТС, що підвищують енергетичні витрати на перетворення.

Множина робочих органів машини $O_X \in O_B$, що потребують удосконалення, формується із двох вищеперахованих підмножин. Робочі органи множини O_X виконують елементарні операції множини EF_X .

5.5. Вибір альтернативних робочих органів для виконання елементарних операції множини EF_X . Формування груп елементарних операцій, що виконуються одним робочим органом.

При виборі альтернативних робочих органів доцільно використати методи збільшення хаотичності перебору варіантів, наприклад мозкову атаку, синектику. При цьому важливо абстрагуватись від конкретних технічних систем і ставити питання: Які робочі органи можуть реалізувати відповідні елементарні операції?

5.6. Енергетичну та якісну оцінку виконання елементарних операцій кожним робочим органом. Визначення та порівняння енергетичних та якісних показників процесу виконання елементарних операцій аналогічними робочими органами. Вибір робочих органів, що забезпечують кращі енергетичні та якісні показники. Формування векторів структури робочих органів $O_k, k=1,2,\dots$. Об'єднання цих векторів утворює множину робочих органів:

$$MO = \bigcup \quad , \quad (5)$$

5.7. Сумарну енергетичну та якісну оцінку кожної структури робочих органів $O_k, k=1,2,\dots$. Порівняння з іншими структурами, уточнення структур робочих органів. Порівняння з енергетичними та якісними показниками базової структури робочих органів O_B . Вибір однієї або декількох удосконалених структур робочих органів O_Y .

При проведенні енергетичної оцінки слід враховувати розсіювання енергії в результаті її передавання від двигуна до робочих органів. А тому перевагу варто надавати структурам робочих органів з коротшими зв'язками між двигуном і робочими органами.

Результатом структурної оптимізації має бути вибір структури робочих органів та формування структурної схеми модернізованої ТС.

6 Фізичне (механічне) обґрунтування:

6.1. Визначення раціональних або оптимальних параметрів робочих органів з використанням засобів математичного моделювання та прикладного оптимального проектування.

6.2. Визначення раціональних об'єднань (композиції) операцій, що виконуються одним і тим же робочим органом. Синтез конструкцій ТС

6.3. Вибір робочих органів та конструкцій ТС за критеріями якості і енерговитрат.

В результаті отримуємо одну або декілька конструкцій ТС, що забезпечують необхідну якість (мають найвищі показники якості) при мінімальній енергомісткості.

7. Експериментальна оцінка якісних та енергетичних показників, що забезпечуються запропонованими конструкціями ТС. Вибір найкращого експериментального зразка за критеріями якості та енерговитрат.

8. Формування рекомендацій, методик та дослідно-конструкторська проробка найкращого експериментального зразка.

Застосуємо розроблений метод для визначення напрямків модернізації льонобралки ТЛН-1,5.

Процес брання льону справляє значний вплив на якість льоноволокна та формує важливу складову в структурі енерговитрат льонарства, а отже в значній мірі визначає економічну доцільність вирощування льону.

Під час технологічного процесу брання здійснюється перетворення стеблостою у стрічку льону з певними показниками, що характеризують якість перетворення. Виконання процесу брання потребує також енергетичних затрат як на висмикування стебел з ґрунту, так і на переміщення льонобралки.

Функціональний аналіз технологічного процесу брання дозволив виділити чотири операції, кожна з яких характеризується вхідними та вихідними показниками, параметрами робочих органів, що реалізують дану операцію, та енерговитратами на її виконання. Під час реалізації елементарних операцій відбувається формування показників якості технологічного процесу в цілому.

Кожна операція технологічного процесу брання (рис. 4) оцінюється показниками якості: P_C – перекосом стебел, Ch – чистотою брання, L – розтягнутістю стрічки, N_C – кількістю пошкоджених стебел.

З метою якісної та енергетичної оцінки виконання елементарних операцій робочими органами льонобралки ТЛН-1,5 формалізовано представимо технологічний процес брання у вигляді схеми (рис. 5), де $X_i, i=1..4$ – кількісні та якісні показники стеблостою льону на вході в i -тий рівняк, що формують вектор вхідних показників X ; $Z_i, i=1..3$ – фізичні і функціональні параметри i -того робочого органу льонобралки, що формують вектор внутрішніх параметрів льонобралки Z ; $Z_{1j}, j=1..4$ – фізичні і функціональні параметри подільників, що утворюють j -ту бральну секцію; $Z_{2j}, j=1..4$ – фізичні і функціональні параметри брального апарата, що утворюють j -ту бральну секцію; $Y_k, k=1..8$ – кількісні та якісні показники порції стебел льону на виході кожного робочого органу льонобралки; Y – кількісні та якісні характеристики стрічки стебел льону на виході з вивідного устаткування, що утворюють вектор вихідних показників стрічки стебел льону.

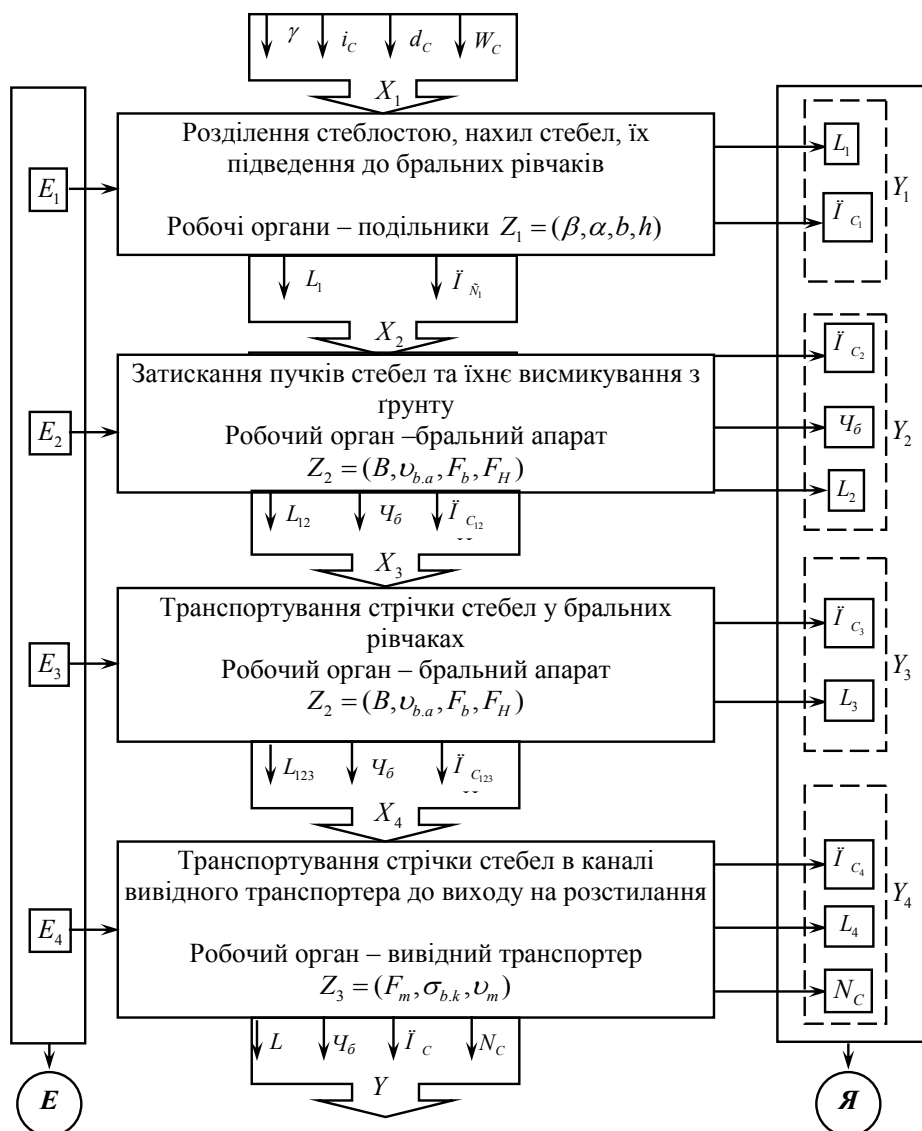


Рисунок 4. Схема формування показників якості та енерговитрат в процесі брання льону-довгунця

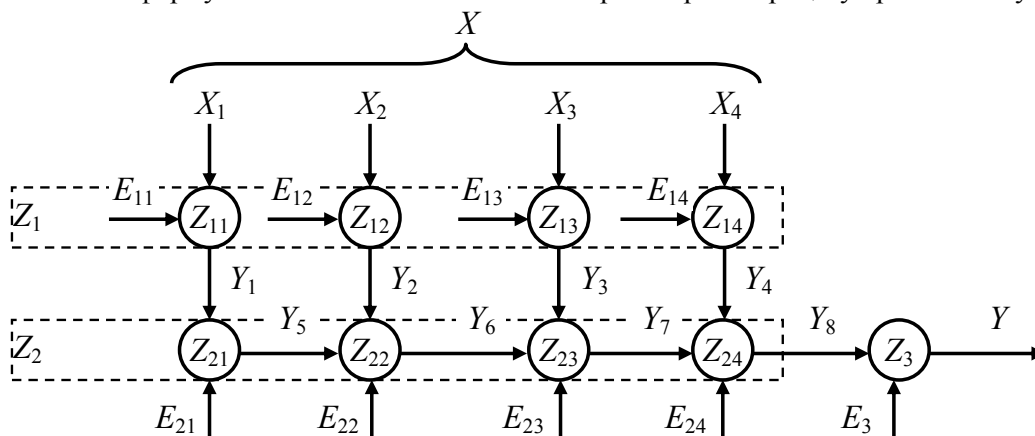


Рисунок 5. Формалізована схем технологічного процесу брання льнообралкою ТЛН-1,5

Якісну та енергетичну оцінку виконання елементарних операцій робочими органами льнообралки проводимо за емпіричними даними, а також даними експериментальних досліджень та польових випробувань.

Висновки: 1. Системно-технологічний метод модернізації ТС, що враховує технологічний процес, системний вплив елементарних операцій на формування якості та енерговитрат, залежність їх від параметрів та режимів функціонування робочих органів, дає можливість здійснювати пошук напрямів підвищення технічного рівня ТС. 2. Застосування системно-технологічного методу для

модернізації льонобралки розкриває залежність показників ефективності технологічного процесу брання льону від системної дії чотирьох елементарних операцій, містить якісну та енергетичну оцінку їх виконання та дозволяє обґрунтувати напрями модернізації льонобралки ТЛН-1,5. 3. Розвиток методу в напрямку підвищення його універсальності потребує розширення сфери його застосування, зокрема для модернізації технологічних машин різноманітного призначення.

1. Хубка В. Теория технических систем / Хубка В. – М.: Мир, 1987. – 210 с.
2. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учебн пособие для студентов вузов / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
3. Альтшуллер Г.С. Найти идею / Альтшуллер Г.С. –Новосибирск: Петрозаводск: Скандинавия, 2003. 368 с.
4. Брахман Т. Р. Многокритериальность и выбор альтернатив в технике / Брахман Т. Р. – М.: Радио и связь, 1984. – 288 с.
5. Мюллер И. Эвристические методы в инженерных разработках: [Пер. с нем] / Мюллер И. – М.: Радио и связь, 1984. – 144 с., ил.
6. Буш Г. Я. Методы технического творчества. / Буш Г.Я. – Рига: Лиесма, – 94с.
7. Герасимчук О.П. Системно-технологічне обґрунтування модернізації льонобралки: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / О.П.Герасимчук. – Львів, 2011. – 24с.
8. Герасимчук О.П. Ієрархія проєктно-конструкторських задач в льонарстві / О.П. Герасимчук, О.Л.Ткачук // Сільськогосподарські машини. – 2013. – №25. – С.24–28.
9. Сидорчук О.В. Інженерія машинних систем: Монографія/ О.В.Сидорчук. – К.: ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 2007. – 263 с.

REFERENCES

1. Hubka V (1987). Teoriya tehniceskikh sistem. M.: Mir, 210 s.
2. Polovinkin A.I (1988). Osnovy inzhenernogo tvorchestva: Uchebn posobie dlya studentov vtuzov. M.: Mashinostroenie, 368 s.
3. Altshullep G.S. (2003). Hayti ideyu. Novosibipsk: Petrozavodsk: Skandinaviya, 368 s.
4. Brahman T. R. (1984). Mnogokriterialnost i vyibor alternativ v tehnike. M.: Radio i svyaz, 288 s.
5. Myuller I. (1984). Evristicheskie metodyi v inzhenernyih razrabotkah: [Per. s nem]. M.: Radio i svyaz, 144 s., il.
6. Bush G. (1989). Ya. Metodyi tehniceskogo tvorchestva. Riga: Liesma, 94 s.
7. Gerasimchuk O.P. (2011). Sistemno-tehnologichne obgruntuvannya modernizatsiyi lonobralki: Avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.05.11. LvIv, 24 s.
8. Gerasimchuk O.P., Tkachuk O.L. (2013). Ierarhiya proektno-konstruktorskih zadach v lonarstvi. SIlskogospodarski mashini, 25. – S. 24–28.
9. Sidorchuk O.V. (2007). Inzheneriya mashinnih sistem: Monografiya. K.: NNTs «IMESG» UAAN, 263 s.

ABSTRACT

O. Herasymchuk. O. Tkachuk. System-technological method of modernisation and his realization on the example of the flax puller spring TLN-1.5

The evolution of technical objects (systems) is the main feature of scientific progress. The evolution of technical systems is by creating new or upgrading (improvement) of existing technical systems. Creating effective technical systems should be based on scientifically grounded methods. One is a system-technological method.

Sequence the modernization of this method is the following: the conditions for modernization, evaluation of technical level of existing technical systems and the rationale for the modernization of selected technical system, setting the task of modernization, technological justification for modernization, structural optimization of technical systems, physical (mechanical) study, experimental evaluation of quality and energy performance, the formation of guidelines, and developmental elaboration of the best experimental model.

System-technological method for upgrading technical systems into account the systemic exposure of elementary operations on the formation of quality and energy. It sets quality and energy dependence on parameters and modes of working bodies. This method makes it possible to search for ways of increasing the technical level of technical systems.

For example, systematic technological method used to find ways to modernize the flax puller spring TLN-1.5. Applying system-technological method for upgrading the flax puller spring reveals the dependence of the process performance of the taking of flax systemic four elementary operations, contains high-quality and energy assessment of their performance and enables justify upgrading areas the flax puller spring TLN-1.5. Development of methods towards improving its versatility requires expansion of its scope, including the modernization of technological machines for various purposes.

Keywords: technical system, modernization, quality, energy efficiency, method, flax puller spring.

Герасимчук О., Ткачук О. Системно-технологический метод модернизации и его реализация на примере льнотеребилки ТЛН-1,5.

Приведенный системно-технологический метод модернизации технических систем, учитывающий системное влияние элементарных операций на формирование качества и энергозатрат, их зависимость от параметров и режимов функционирования рабочих органов и дающий возможность осуществлять поиск направлений повышения технического уровня технических систем, в частности льнотеребилки ТЛН-1,5

Ключевые слова: техническая система, модернизация, качество энергоэффективность, метод, льнотеребилка.

АВТОРИ:

ГЕРАСИМЧУК Олександр Павлович, кандидат технічних наук, доцент кафедри машин легкої промисловості, Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна.

ТКАЧУК Оксана Леонідівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри машин легкої промисловості, Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна.

АВТОРЫ:

ГЕРАСИМЧУК Александр Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры машин легкой промышленности, Луцкий национальный технический университет, Луцк, Украина.

ТКАЧУК Оксана Леонидовна, кандидат технических наук, доцент кафедры машин легкой промышленности, Луцкий национальный технический университет, Луцк, Украина.

AUTHORS:

GERASIMCHUK Alexander, Ph.D., Associate Professor of the Department of Light Industry Machinery, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine.

TKACHUK Oksana, Ph.D., Associate Professor of the Department of Light Industry Machines, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine.

Стаття надійшла в редакцію 13.05.2017 р.