

УДК 631.3

## ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ІНЖЕНЕРІЇ РІЛЬНИЦТВА

**O.V. СИДОРЧУК**, д.т.н., проф., чл.-кор. НААН, e-mail: sydov@ukr.net, тел.: +38-067-266-03-23 – Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

### РЕЗЮМЕ

**Метою дослідження** є обґрунтування науково-технічних основ інженерії рільництва.

**Методи досліджень.** Системний аналіз та синтез, дедукції та індукції, аналогії, моделювання.

**Результати досліджень.** Концептуально розкрито процеси створення робочих органів, машин (знарядь), самохідних машин та машинних агрегатів, а також проектування технологічних комплексів машин, технологічних ліній та машинно-тракторних парків автономних сільськогосподарських товаровиробників та обслуговуючих формувань. Розкрито основні складові та рівні моделювання технічних і технологічних систем. Означені їх процеси. Визначено особливості моделювання (дослідження) технологічних і технічних систем рільництва. Означені основні наукові знання, що використовуються та розвиваються під час дослідження цих систем. Показано системні залежності критеріїв якості та

енергозатрат від конструкційних і режимних параметрів робочих органів машин, а також взаємозв'язок між критеріями. Концептуально розкрито методичні особливості узгодження характеристик виробничих планів механізованих робіт із параметрами технічного забезпечення технологічних систем рільництва.

**Висновки.** Інженерія рільництва базується на техніко-технологічних знаннях, які реалізуються на трьох основних рівнях дослідження технологічних систем та двох рівнях дослідження технологічних систем. Розкриті відмінні знань та методологічні особливості дослідження технічних і технологічних систем є основою розвитку інженерно-технічної науки. Концептуально означені закономірності функціонування цих систем є підставою підвищення конкурентоспроможності техніки.

**Ключові слова:** технічні, технологічні, системи, створення, моделювання, взаємозв'язки, знання, методи.

UDC 631.3

## TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL BASIS OF ENGINEERING FIELD-CROP CULTIVATION

**A.V. SYDORCHUK, Ph. D., Prof; Corresponding member NAAS,e-mail: sydov@ukr.net; Tel: +38-0672660323 – National scientific center «Institute for Agricultural Engineering and Electrification»**

### SUMMARY

**Research purpose** is justification the scientific and technical bases engineering field crop.

**Methods of researches.** System analysis and synthesis, induction and deduction, analogy, modeling.

**Results.** Conceptually open the process creation of working organs, machines (instrument), self-propelled machines and machine aggregates as well as designing technological systems of machines, technological lines and machine and tractor fleets of autonomous agricultural producers and service groups.

Open the basic components and levels modeling of technical and technological systems. Determined basic their processes. The features of modeling (research) technical and technological systems cropping. Above fundamental scientific knowledge used and developed during research of these systems. It is shown systemic depending on criteria of quality and energy consumption of structural and operational parameters of the working machine, and the relationship between the criteria. Conceptually disclosed methodological features coordination characteristics of mechanized of the production plans work on technical parameters of technological systems cropping.

**Conclusions.** Engineering of cropping is based on technical and technological knowledge, which are implemented at three main levels of engineering research and research two levels of technological systems. Disclosed abolition of knowledge and methodological features of research of technical and

technological systems are the foundation of engineering science. Conceptually expressed by principles of functioning of these systems is the reason of competitiveness improvement techniques.

**Key words:** technical, technological, system, creation, design, relationships, knowledge, methods.

УДК 631.3

## ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРИИ ПОЛЕВОДСТВА

**О.В. СИДОРЧУК**, д.т.н., проф., чл. -кор. НААН, e-mail: sydov@ukr.net, тел.: +38-067-26-03-23  
– Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

### РЕЗЮМЕ

**Целью исследования** является обоснование научно-технических основ инженерии земледелия.

**Методы исследований.** Системный анализ и синтез, дедукции и индукции, аналогии, моделирование.

**Результаты исследований.** Концептуально раскрыто процессы создания рабочих органов, машин (орудий), самоходных машин и машинных агрегатов, а также проектирования технологических комплексов машин, технологических линий и машинно-тракторных парков автономных сельскохозяйственных товаропроизводителей и обслуживающих формирований. Раскрыты основные составляющие и уровни моделирования технических и технологических систем. Отмечено их процессы. Определены особенности моделирования (исследование) технологических и технических систем земледелия. Отмечены основные научные знания, которые используются и развиваются в ходе исследования этих систем. Показано системные зависимости критериев качества и энергозатрат от

конструкционных и режимных параметров рабочих органов машин, а также взаимосвязь между критериями. Концептуально раскрыто методические особенности согласования характеристик производственных планов механизированных работ по параметрам технического обеспечения технологических систем земледелия.

**Выводы.** Инженерия полеводства базируется на технико-технологических знаниях, которые реализуются на трех основных уровнях исследования технических систем и двух уровнях исследования технологических систем. Раскрыты отмены знаний и методологические особенности исследования технических и технологических систем, которые являются основой развития инженерно-технической науки. Концептуально указанные закономерности функционирования этих систем является повышение конкурентоспособности техники.

**Ключевые слова:** технические, технологические, системы, создания, моделирования, взаимосвязи, знания, методы.

### ПРОБЛЕМА

Інженерія рільництва покликана забезпечити розвиток сільськогосподарського виробництва, який значною мірою залежить від його технічного потенціалу [1]. Формування цього потенціалу відбувається під впливом низки чинників. Серед них на особливу увагу заслуговують параметри техніки та загалом машинно-тракторного парку сільськогосподарських товаровиробників (СГТ), а також обслуговуючих формувань та (ОФ) [2]. Наявні науково-методичні засади розкриття згаданих чинників, як переконує практика, характеризу-

ються обосбленим розв'язанням кожної інженерної задачі щодо створення машин та формування їх парку. Це на етапі створення машин не дає змоги гарантувати як конкурентоспроможність кожної з них, так і ефективність механізованого виробництва продукції автономними СГТ.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ПУБЛІКАЦІЙ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ

В основі створення техніки лежить інженерна творчість [3]. Опанування її складовими дає змогу пришвидшити творчий

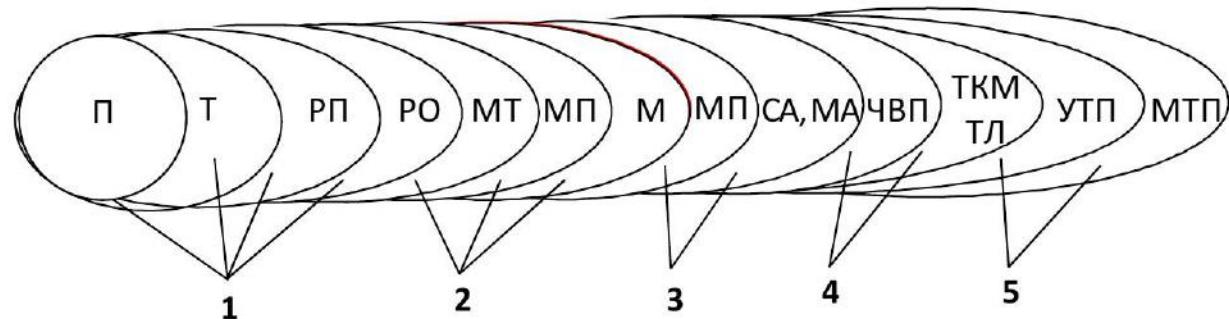
процес, однак не забезпечує прогнозування системної ефективності нових машин, що нерідко є причиною помилкових рішень й марних витрат часу та коштів. Спроба створення теорії технічних систем також не знайшла широкого практичного застосування через відсутність системного розуміння проблеми ефективності машинного виробництва продукції [4]. Чинний стандарт, що регламентує виготовлення та постановку техніки на виробництво також системно не вирішує означену проблему [5]. Розроблена нами схема системного дослідження машин, їх технологічних комплексів та машинно-тракторних парків лише у першому наближенні окреслює проблему [6], вирішення якої ще не існує.

**Метою статті** є обґрунтування науково-технічних основ інженерії рільництва.

**Результати дослідження.** Інженерія рільництва стосується відповідних технологічних систем (*TxC*), що створюються СГТ та ОФ для виконання механізованих сільськогосподарських процесів (МСП) над предметами праці. Вони складаються з множин машин та виконавців. Множини машин (обладнання) є складовими *TxC* і, у свою чергу, поділяються на окремі машини (*TnC*), машинні агрегати, технологічні комплекси машин (обладнання), а також машинно-тракторний парк СГТ та ОФ. Іншими словами, *TxC* сільського господарства містять технологічну складову, яка залежно від виробничих галузей відрізняється назвою та структурою. Зокрема, для рільничої галузі цього виробництва виокремлюють п'ять рівнів дослідження тех-

нічних складових відповідних *TxC*: 1) робочих органів машин; 2) окремих сільськогосподарських машин; 3) самохідних машин; 4) машинних агрегатів, що складаються із енергетичних засобів (тракторів) та сільськогосподарських машин; 5) технологічних комплексів машин, які формуються для виконання певного циклу МСП; 6) технологічних ліній, 7) машинно-тракторних парків СГТ або ОФ (рис. 1.). Дослідження цих складових можливе на основі моделювання відповідних процесів: 1) робочих процесів, що виконуються тими чи іншими робочими органами [7, 8]; 2) машинних процесів, що реалізуються окремими машинами [9]; 3) машинних процесів окремих машинно-тракторних (машинних) агрегатів [10]; 4) часткових технологічних процесів, що виконуються технологічними комплексами машин та технологічними лініями [11]; 5) узагальнених технологічних процесів, які синтезують усі часткові процеси і є основою для визначення параметрів машинно-тракторного парку того чи іншого СГТ або ФТО [12].

Таким чином, параметри технологічних складових таких *TxC* як технологічні комплекси машин (технологічні лінії) та машинно-тракторні парки СГТ або ОФ визначаються параметрами *TxC* – робочих органів машин, окремих машин і машинних агрегатів. Виокремлення технологічних складових *TxC* є важливою методологічною основою інженерії рільництва. Вона не лише дає змогу ідентифікувати елементи *TxC*, але й визначає особливості наукових методів їх дослідження.



**Рис. 1.** Основні складові та рівні моделювання технологічних систем рільництва:

П, Т – відповідно предмет праці та технологія; РП, РО – відповідно робочий процес та робочий орган; МТ, МП, М – відповідно машинна технологія, машинний процес та машина; СА, МА – відповідно самохідна машина та машинний агрегат; ЧВП, ТКМ, ТЛ, УТП – відповідно частковий технологічний процес, технологічний комплекс машин та технологічна лінія; УТП, МТП – відповідно узагальнений виробничий процес та машинно-тракторний парк

**Fig. 1.** Basic components of and levels of technical and technological simulation of cropping:

Аналізуючи згадані процеси, бачимо, що вони утворюють ієрархічну множину, яка реалізується на практиці у певній часовій послідовності, а процеси вищого рівня включають процеси нижчих рівнів. Зокрема, машинні процеси включають один або декілька робочих процесів. Часткові технологічні процеси включають один або декілька машинних процесів, а узагальнені технологічні процеси включають один або декілька часткових технологічних процесів.

Усі зазначені процеси, починаючи з машинних, включають робочі процеси, що виконуються робочими органами  $TnC$ . В основі робочих процесів лежить технологія – знання про якісне перетворення предмета праці (біологічного сільськогосподарського матеріалу – ґрунту, рослин, насіння тощо) з одного якісного стану в інший (бажаний) [3]. Технологія репрезентується (відображається) множиною елементарних операцій, черговістю, допустимою (необхідною) тривалістю та швидкісними режимами їх виконання. Сутність тієї чи іншої технології визначається фізико-механічними властивостями предмета праці за початкового його стану, а також бажаними (заданими) властивостями після його якісного перетворення [13].

Аналізуючи рівні моделювання  $TnC$  з позиції участі людини у відповідних процесах, приходимо до висновку, що на перших трьох рівнях участь людини до уваги не береться. Зокрема, розглядаючи робочі процеси і робочі органи машин, моделювання зводиться до відображення взаємодії предмета праці з робочим органом, який діє на цей предмет (ґрунт, рослину, насіння, добрива тощо). Не береться до уваги участь людини і під час моделювання множини робочих процесів, що виконуються відповідними робочими органами, синтезованими у структуру тієї чи іншої  $TnC$  – сільськогосподарської машини, самохідної машини або ж машинного агрегату.

Інакше моделюються процеси, що виконуються технологічними комплексами машин і технологічними лініями. У цьому разі береться до уваги участь людини у виконанні процесів, а тому такі системи відносяться до

$TxC$ . Технологічні процеси  $TxC$  розглядаються стосовно окремих полів, на яких вирощуються та збираються сільськогосподарські культури. Окремі технологічні операції виконуються завдяки руху самохідних машин та машинних агрегатів по полях, просторового переміщення добрив, насіння та зібраного урожаю між виробничими складовими  $TxC$ . У них розглядаються організаційні режими виконання відповідних процесів – тривалість окремих змін, зупинки процесів через фізіологічні потреби виконавців тощо [14]. Отже бачимо, що робочі органи і окремі машини та машинні агрегати належать до  $TnC$ , а технологічні комплекси машин і машинно-тракторний парк до  $TxC$ . Відміни у дослідження їх процесів є також однією із основних методологічних засад інженерії рільництва.

Слід зауважити, що моделювання  $TxC$  на згаданих рівнях відрізняється також особливостями розгляду предмета праці. Під час моделювання робочих процесів і обґрунтування параметрів робочих органів машин предмети праці розглядаються як середовища, що характеризуються певними фізико-механічними властивостями, які здебільшого відображаються детермінованими показниками. Водночас, моделювання технологічних процесів передбачає розгляд предметів праці, властивості яких змінюються під впливом агрометеорологічних умов. Крім того у цьому разі враховуються властивості виробничих умов – площи полів, їх рельєф та конфігурація, стан доріг тощо [15].

Означені рівні моделювання  $TxC$  рільництва можна аналогічним чином апроксимувати на  $TxC$  тваринництва, первинної обробки, зберігання та переробки сільськогосподарської продукції. У цьому разі слід особливу увагу звернути як на участь людини у процесах, так і на предмет праці та виробничі умови, за яких вони відбуваються [16].

Отже,  $TxC$  агропромислового виробництва моделюються на декількох базових ієрархічних рівнях, які визначаються будовою окремих машин і машинних агрегатів та їх технологічних комплексів і ліній. Наукові знання, що лежать в основі моделювання  $TnC$  і  $TxC$  мають свої особливості. (табл.).

**Таблиця.** Основні складові та наукові знання, що використовуються для дослідження технічних і технологічних систем

**Table.** Basic components and scientific knowledge are used for research technical and technological systems

Рівні дослідження систем рільництва	Означення систем	Системні складові	Означення основних наукових знань
1	2	3	4
1 Робочі органи	<i>TnC</i>	Сільськогосподарський матеріал робочий орган	Землеробська механіка, енергозатрат, системного аналізу та синтезу, приводу та керування технологічними режимами
2.Машини (причіпні, навісні, напівпричіпні)	<i>TnC</i>	Поле, с.г. культура (матеріал) машина	Землеробська механіка, енергозатрат, аналізу та синтезу систем, функціональності, руху машин, продуктивності, керування технологічними режимами та рухом
3. Самохідні машини	<i>TnC</i>	Поле, с.г. культура (матеріал) машина, двигун	Землеробська механіка, енергозатрат, аналізу та синтезу систем, рух машин. продуктивності, функціональності, керування технологічними режимами та рухом
4. Машинні агрегати	<i>TxC</i>	Поле, с.г. культура (матеріал) машина, енергозасіб	Землеробська механіка, енергозатрат, аналізу та синтезу систем, функціональності, руху агрегатів, продуктивності, керування технологічними режимами та рухом
5. Технологічні комплекси	<i>TxC</i>	Поля, с.г. культура (матеріал), агрометеоумови, машинні агрегати, оператори	Системотехніка, моделювання систем, аналізу та синтезу систем енергозатрат, продуктивності, технологічних процесів, резервування потужностей, керування (управління) технологічними процесами та потужностями
6. Технологічні лінії	<i>TxC</i>	Поля, с.г. культура (матеріал), агрометеоумови, машинні агрегати, оператори	Системотехніка, моделювання систем, аналізу та синтезу систем, енергозатрат, продуктивності технологічних процесів, резервування потужностей, керування (управління) технологічними процесами та потужностями
7. Машинно-тракторний парк	<i>TnC</i>	Поля, с.г. культура (матеріал), агрометеоумови, машинні енергозасоби, оператори	Системотехніка, моделювання систем, аналізу та синтезу систем, продуктивності, енергозатрат, технологічних процесів, резервування потужностей, керування (управління) технологічними процесами та потужностями

Аналізуючи *TnC* та *TxC* на базових рівнях їх дослідження, як уже згадувалося, зауважуємо, що вони відрізняються не лише участю людини, але й іншими структурними складовими. Зокрема, структура *TnC* на першому базовому рівні їх моделювання (дослідження) зводиться до таких двох основних складових: 1) предмета праці із заданим (відомим) початковим станом ( $P$ ); 2) робочого органу із заданими параметрами ( $Z_T$ ). Інженерна

задача у цьому разі здебільшого формулюється так – для заздалегідь обґрунтovanих якісних змін предмета праці із початкового ( $Я_n$ ) у бажаний ( $Я_b$ ) стан перевести на основі запропонованого способу (технології) ( $T_l$ ) за допомогою розробленого робочого органу з мінімальними затратами енергії ( $\mathcal{E}$ ). Її системне розв'язання базується на розкритті таких залежностей [17].

$$\begin{cases} \Delta Y = f'(Z_T^K, Z_T^P); \\ \varepsilon = f''(Z_T^K, Z_T^P) \end{cases} \quad (1)$$

де  $\Delta Y$  – змінна якісного стану ( $\Delta Y = Y_b - Y_n$ ) предмета праці;

$Z_T^K, Z_T^P$  – відповідно конструкційні (геометричні) і режимні (технологічні) параметри робочого органу.

Не вдаючись до більш глибокого аналізу цієї системи залежностей, зазначимо, що її розв'язання зводиться до визначення оптимальних значень конструкційних та режимних параметрів робочих органів одночасно за двома критеріями – якісним та енергетичним, між якими існує причинно-наслідковий зв'язок (рис. 2.).

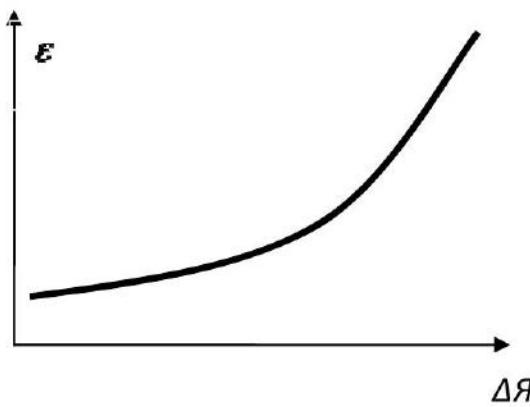


Рис. 2. Тенденція зв'язку між якістю та енергозатратами у робочому процесі, що виконується заданим робочим органом

Fig. 2. Trend connection between quality and energy consumption in the workflow that runs given working organ

Зазначимо, що підставою для обґрунтування конструкційно-режимних параметрів робочих органів технологій, одним із критеріїв обґрунтування якими є екологічність (екологічна безпека)

Розглянемо робочий процес, що виконується заданим робочим органом, з позиції системного підходу [18]. На вході відповідної системи є предмет праці заданого якісного стану ( $Y_n$ ). На виході – цей же предмет з бажаним якісним станом ( $Y_b$ ). Перетворюючи складовою цієї системи є робочий орган із заданими параметрами ( $Z_T^K, Z_T^P$ ) (рис. 3.).

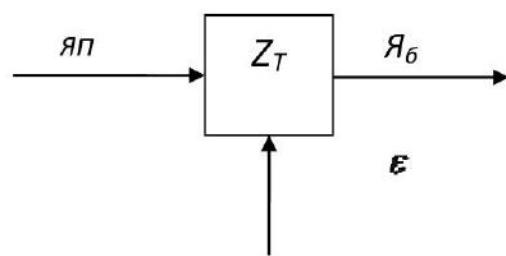


Рис.3. Схема системного розгляду робочого органу:  
 $\varepsilon$  – енергія, що витрачається на виконання процесу

Fig.3. The scheme of systematic consideration of the working body:  
. – Energy of consumed in the process  
.  $\varepsilon$  – The energy spent in the process

З позиції системного підходу можемо записати залежність, що характеризує задачу синтезу:

$$Y_b = f'''(Y_n, Z_T, \varepsilon) \quad (2)$$

Задача аналізу є дві. У неявному вигляді вони виражаються залежностями:

$$Z_T = f^V(Y_n, Y_b, \varepsilon); \quad (3)$$

$$\varepsilon = f^V(Y_n, Y_b, Z_T). \quad (4)$$

Означені технологічні (1) та системні (2-4) причинно-наслідкові зв'язки є основою для розроблення плану дослідження робочих органів машин і обладнання агропромислового виробництва.

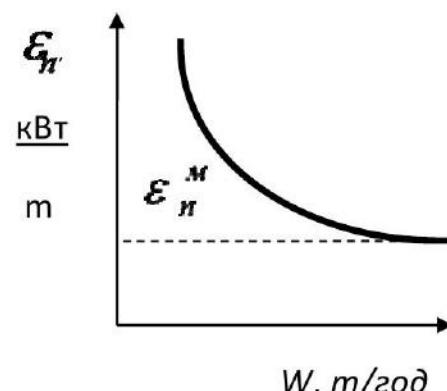
У цьому разі використовуються та розвиваються відповідні знання: 1) для обґрунтування конструкційних та режимних параметрів робочих органів – землеробської механіки; 2) для з'ясування енергозатрат – теорія енергозатрат; 3) для розкриття системних причинно-наслідкових зв'язків – системного аналізу та синтезу; 4) для забезпечення технологічних режимів функціонування робочих органів – приводу та керування технологічними режимами робочих органів.

Моделювання автономних машин (обладнання) здійснюється з метою обґрунтування їх параметрів – функціональності (числа операцій) та продуктивності [17]. Функціональність машин і обладнання визначається числом їх функцій (операцій), які дають змогу якісно перетворювати предмет

праці. Продуктивність машини (обладнання) характеризує обсяг предметів (предмета) праці, які вона перетворює із початкового якісного стану у бажаний (заданий) за одиницю часу. Наприклад, для рільництва продуктивність машин виражається у гектарах обробленої площині (га/год), або ж у тоннах (центнерах) зібраного врожаю (т/год).

Функціональність машини обґрунтовається під час її проектування. Кожна окрема функція (операція) виконується певним робочим органом. А тому обґрунтовуючи функціональність, конструктор одночасно вирішує задачу визначення числа робочих органів, які встановлюються на машині. Багатоваріантність можливих рішень у цьому разі є підставою для моделювання віртуальних машин, конструкційно виконаних для кожного варіанту застосування робочих органів, оцінення показників ефективності (критеріїв) і вибір варіанту з найкращими значеннями критеріїв. У цьому разі слід пам'ятати, що робочі органи можуть діяти на предмет праці (сільськогосподарський технологічний матеріал) як послідовно, так і паралельно. Послідовна дія виконується з метою поглиблення якісного перетворення предмета праці. Вона досягається за послідовного встановлення (розміщення) робочих органів на машині. Паралельна дія однотипними робочими органами на предмет праці можлива за умови його поділу на складові (частини, порції, групи тощо). Вона дає змогу підвищити продуктивність машин (обладнання). Окрім двох зазначених дій робочих органів на предмет праці ще можлива комбінована дія, яка поєднує і послідовну, і паралельну дії.

Обґрунтовуючи параметри самохідних машин та машинних агрегатів (*TnC*) слід пам'ятати про наявність об'єктивної закономірності зміни питомих енергозатрат у відповідному процесі від їх продуктивності. Зростання потужності однотипних машин (обладнання) за умови безперебійного забезпечення їх предметами праці уможливлює зменшення питомих затрат енергії для заданого якісного їх перетворення (рис. 4.).



**Рис. 4.** Тенденція зміни питомих затрат енергії у процесі якісного перетворення предметів (предмета) праці від потенційної продуктивності потужності самохідної машини або машинного агрегату:

$\epsilon_n^M$  мінімальні питомі затрати енергії.

**Fig. 4.** The trend of changes in specific energy consumption in the process of qualitative transformation of objects (object) of the potential labor productivity power of self-propelled machine or machine unit:

$\epsilon_n^M$  the minimum specific energy costs.

Зауважимо, що для заданого типу машин залежність питомих затрат енергії у процесі якісного перетворення предметів (предмета) праці характеризується мінімальними питомими затратами  $\epsilon_n^M$  (рис. 4.).

Таким чином, моделювання (дослідження) *TnC* на другому та третьому ієрархічних рівнях передбачає наявність таких складових – предмет праці (поле, сільськогосподарська культура, ґрунт), робочі органи, машина (обладнання), потік енергії. В основі цього моделювання лежить машинна технологія, яка регламентує послідовність та режими виконання окремих (елементарних) операцій відомими (заданими) робочими органами. Як для окремого робочого органу, так і для машин та машинних агрегатів існують системні задачі синтезу та аналізу, вирішення яких є підґрунтям для обґрунтування їх параметрів.

Дослідження *TnC* (машин, самохідних машин та машинних агрегатів) базуються та розвивають знання: 1) землеробської механіки

— стосовно впливу руху машин на взаємодію робочих органів із сільськогосподарськими матеріалами; 2) енергозатрат — вплив параметрів машин на затрати енергії; 3) аналізу та синтезу систем — системних закономірностей зміни якості предметів праці (сільськогосподарських матеріалів) та енерговитрат від технічних параметрів  $TnC$  та швидкості руху їх по полю; 4) функціональності — обґрунтування числа операцій (елементарних перетворень сільськогосподарських матеріалів), що одночасно виконуються однією машиною (комбайном) чи машинним агрегатом; 5) руху машин — мінімізація негативного впливу поздовжніх і поперечних коливань від руху самохідних машин та машинних агрегатів по полю на якіні, енергетичні та екологічні їх показники; 6) продуктивності — вплив технічних та кінематичних параметрів  $TnC$  на їх продуктивність, узгодження якісно-функціональних показників (якості та енергозатрат) з продуктивністю  $TnC$ ; 7) керування технологічними режимами та створення автоматизованих систем оперативного узгодження технологічних (якісних) показників роботи  $TnC$  із швидкісними характеристиками та енергозатратами.

На особливу увагу заслуговують питання створення (проектування) та використання (експлуатації)  $TnC$ . Як зазначалось раніше, до  $TnC$  належать технологічні комплекси машин, технологічні лінії, які забезпечують потоковість руху сільськогосподарських матеріалів (добрив, насіння, зерна, коренеплодів тощо), а також машинно-тракторний парк як СГП так і ОФ. Особливістю дослідження (моделювання) цих систем є те, що вони функціонують в мінливих агрометеорологічних умовах, які зумовлюють перерви технологічних процесів. Okрім того, ці дослідження, як уже згадувалося, враховують наявність операторів (людей), які за допомогою технічних засобів (самохідних машин та машинних агрегатів) здійснюють якісні перетворення та просторові переміщення предметів праці, а також забезпечують рух цих засобів по полях та дорогах. Основною науковою задачею, що розв'язується під час проектування  $TnC$ , є узгодження характеристик виробничих планів механізованих робіт ( $X$ ) із параметрами технічного забезпечення ( $Z$ )  $TnC$ :

$$\Phi(X \leftrightarrow Z) = Y_K \rightarrow \text{exstr}, \quad (5)$$

де  $Y_K$  — критерій узгодження.

Зазначимо, що сьогодні інженерною наукою це узгодження обґруntовується без врахування часової зміни експлуатаційних (функціональних) показників технічних засобів, зумовленої їх зношенням. А тому отримувані результати є наближеними до реальних процесів, що, на наш погляд, знижує ефективність сільськогосподарського виробництва.

Для розв'язання задач з проектування  $TnC$  використовуються та розвиваються такі знання: 1) системотехніки, яка забезпечує обґрунтування методології дослідження відповідних  $TnC$ ; 2) моделювання систем, яке є основним методом дослідження  $TnC$ ; 3) системного аналізу та синтезу — розкриває причинно-наслідкові зв'язки між характеристиками ( $X$ ) виробничих планів механізованих робіт, параметрами ( $Z$ ) технічного оснащення  $TnC$  та показниками ( $Y$ ) сільськогосподарського виробництва; 4) продуктивності — забезпечує обґрунтування продуктивності самохідних машин та машинних агрегатів на окремих полях; 5) енергозатрат — встановлює затрати енергії на виконання окремих технологічних операцій заданими технічними засобами; 6) технологічних процесів — забезпечує розкриття функціональних показників роботи заданих технічних засобів (самохідних машин та машинних агрегатів) на виконанні окремих технологічних операцій з урахуванням роботи інших заданих технічних засобів на суміжних операціях; 7) резервування потужностей — дає змогу обґрунтувати резерв потужностей, зумовлений ризиками негативного впливу агрометеорологічних умов та технічних відмов машин на якість та своєчасність виконання технологічних операцій; 8) керування (управління) технологічними процесами та потужностями забезпечує оптимальне виконання технологічних процесів, з урахуванням змін (порушень) у запланованому їх перебігу.

Означення знань, як стосовно дослідження окремих технічних засобів ( $TnC$ ), так і їх множин ( $TnC$ ), сформованих у технологічні комплекси, технологічні лінії та машинні-тракторні парки є однією із перших спроб системного аналізу техніко-технологічних засад інженерії рільництва, без розвитку якої не можливо підвищити конкурентно-спроможністю рільничої продукції. Okрім

того ці знання лежать в основі розвитку сільськогосподарського машинобудування.

## ВИСНОВКИ

1. Інженерія рільництва базується на техніко-технологічних знаннях, які реалізуються на п'яти основних рівнях дослідження та створення технічних і технологічних систем.

2. Означення системних складових та основних наукових знань, які лежать в основі дослідження технічних і технологічних систем рільництва дало змогу розкрити відповідні відміні та встановити методологічні особливості їх дослідження, врахування яких є підставою для підвищення конкурентноспроможності рільництва.

3. Концептуальний розгляд технічних і технологічних систем рільництва дав змогу означити основні закономірності їх функціонування, які лежать в основі створення конкурентоздатних машин та проектування ефективних їх комплексів та машинно-тракторних парків.

4. Процес створення конкурентноспроможних технічних систем (робочих органів, машин та машинних агрегатів) передбачає дослідження (моделювання) робочих та машинних процесів, які характеризуються певними відмінами, що формують вимоги до цих досліджень на основі трьох основних критеріїв – якості, енергозатрат та екологічності.

5. Проектування та створення ефективних технологічних систем рільництва базується на результатах узгодження характеристик виробничих планів механізованих робіт із параметрами їх технічного забезпечення, які визначаються на основі системотехніки та моделювання систем.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Білоусько Я. К. Сільськогосподарське машинобудування: бути чи не бути? / Яків Карпович Білоусько, Володимир Леонтійович Товстоп'ят. – К. : ННЦ «ІАЕ», 2010.– 160 с.

2. Сидорчук О.В. Системно-проектні підстави управління парком машин сільськогосподарських товаровиробників / В.В. Адамчук, О.В. Сидорчук, В.Г. Мироненко // Вісник аграрної науки. – 2014. – № 11. – С.33-39.

3. Основы инженерного творчества : учеб. пособие / А. И. Половинкин. – 3-е изд.; Краснодар : Лань, 2007. – 361 с.

4. Хубка В. Теория технических систем / В. Хубка. – М.: Мир, 1987. – 208 с.

5. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення : ДСТУ 3973-2000. – [Чинний від 2000-11-27]. – К. : Держстандарт України, 2001. – 20 с.

6. Сидорчук О.В. Системні засади дослідження машин / Сидорчук О.В., Гадзalo Я.М.// Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2013. – №98. Т.2. – С.344 – 353.

7. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков [та ін.]; за ред. Д.Г. Войтюка. — К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.

8. Зангіев А.А. Обоснование оптимальных параметров взаимосвязанных агрегатов при поточной организации полевых работ / А.А. Зангіев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1985. – № 4. – С. 28 30.

9. Завалишин Ф.С. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства/ Ф.С. Завалишин, М.Г. Мацнев. – М.: Колос, 1982. – 226 с.

10. Надикто В. Т. Основи агрегатування модульних енергетичних засобів : автореф. дис.... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Надикто Володимир Трохимович ; Ін-т механізації та електрифікації сіл. госп-ва УААН. – Глеваха, 2000. – 36 с.

11. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В.В. Адамчука, М.І. Грицишина. – К. : Аграр. наука, 2012. – 416 с.

12. Фінн Е. А. Комплектування машинно-тракторного парку колгоспів і радгоспів / Е. А. Фінн, М. Л. Варшавський, І. Є. Черватюк – К. : Урожай, 1989. – 176 с.

13. Сидорчук О.В. Системно-технологічний підхід до створення адаптивних механізованих технологій вирощування сої / О.В. Сидорчук, В.С. Паламарчук, О.І. Макарчук // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2009. – Вип. 93. – С. 434-441.

14. Сидорчук О.В. Інженерія машинних систем / О.В. Сидорчук. – К.: ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 2007. – 263 с.

15. Планування проектів вирощування культур на основі статистичного імітаційного моделювання: монографія / В.В. Адамчук, О.В. Сидорчук, П.М. Луб [та ін.]. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2014. – 224 с.

16. Сидорчук А.В. Научные принципы управления проектами развития ферм по производству молока / А.В.Сидорчук, А.И.Фененко, Д.А.Рымарь // Молочное дело – 2009. – №6. – С.23 – 25.
17. Концептуальна модель конфігурації проекту технологічного комплексу машин для збирання льону-довгунцю за адаптивною технологією / О.В.Сидорчук, Є.Ю.Форнальчик, А.Ю.Горбовий // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ»,2008. – Вип. 92. – С. 477-486.
18. Системно-технологічний метод управління проектами модернізації технічних об'єктів / О.В.Сидорчук, О.О.Налобіна, М.А.Демидюк [та ін.] / Міжвузівський збірник «Комп'терно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». – Луцьк, 2011. – Вип. №7. – С.125 – 130.

#### REFERENCES

1. Bilousko Ya. K. Silskogospodarske mashynobuduvannya: butychy ne buty/ Yakiv Karpovych Bilousko, Volodymyr Leontijovych Tovstopyat.– K. : NNCz IAE, 2010.– 160 s.
2. Sy'dorchuk O.V. Systemno-proektni pidstavy upravlinnya parkom mashyn silskogospodarskix tovarovyrobnikiv / V.V. Adamchuk, O.V. Sydorchuk, V.G. Myronenko // Visnyk agrarnoyi nauky. – 2014. – № 11. – S.33-39.
3. Osnov ynzhenernogo tvorchestva : ucheb. posobye / A. Y. Polovynkyn. – 3-e yzd.; Krasnodar : Lan, 2007. – 361 s.
4. Xubka V. Teoryya texnicheskix system / V. Xubka. – M.: Myr, 1987. – 208 s.
5. Systema rozrobленnya ta postavlennya produkciyi na vyrobnyctvo. Pravyla vykonannya naukovo-doslidnyx robit. Zagalni polozhennya : DSTU 3973-2000. – [Chynnyj vid 2000-11-27]. – K. : Derzhstandart Ukrayiny, 2001. – 20 s.
6. Sydorchuk O.V. Systemni zasady doslidzhennya mashyn / Sydorchuk O.V., Gadzalo Ya.M./ Mehanizaciya ta elektryfikaciya silskogo gospodarstva: mizhvidomchij tematychnij naukovyj zbirnyk. – Glevaxa: NNCz «IMESG», 2013. – №98, t.2. – S.344 – 353.
7. Silskogospodarski mashyny. Osnovy teoriyyi ta rozrakhunku: pidruchnyk / D.G. Vojtyuk, V.M. Baranovskyj, V.M. Bulgakov [ta in.]; za red. D.G. Vojtyuka. — K.: Vyshha osvita, 2005. — 464 s.
8. Zangyev A.A. Obosnovanye optymalnyx parametrov vzaymosvyazannyx agregatov pry potochnoj organyzaciy polevyx robot / A. A. Zangyev // Mexanyzacyya y elektryfikacyya selskogo xozyajstva. – 1985. – № 4. – S. 28 30.
9. Zavalishyn F.S. Metody yssledovanyj po mexanyzacyy selskoxozyajstvennogo proyzvodstva/ F.S. Zavalishyn, M.G.Macznev. – M.: Kolos, 1982. – 226 s.
10. Nadykto V. T. Osnovy agregatuannya modulnyx energetichnyx zasobiv : avtoref. dys... d-ra texn. nauk: 05.20.01 / Nadykto Volodymyr Troxymovych ; In-t mehanizaciyi ta elektryfikaciyi sil. gosp-va UAAN. – Glevaxa, 2000. – 36 s.
11. Systema texniko-texnologichnogo zabez-pechennya vyrobnycztva produkciyi roslynnyczta / za red. V.V. Adamchuka, M.I. Grycshyna. – K. : Agrar. nauka, 2012. – 416 s.
12. Finn E. A. Komplektuvannya mashynno-traktornogo parku kolgospiv i radgospiv / E. A. Finn, M. L. Varshavskyj, I. Ye. Chervatyuk – K. : Urozhaj, 1989. – 176 s.
13. Sydorchuk O.V. Systemno-texnologichnyj pidxit do stvorennya adaptivnyx mehanizovanych texnologij vyroshhuvannya soyi / O.V.Sydorchuk, V.S.Palamarchuk, O.I.Makarchuk // Mehanizaciya ta elektryfikaciya silskogo gospodarstva: mizhvidomchij tematychnij naukovyj zbirnyk. – Glevaxa: NNC z «IMESG», 2009. – Vyp. 93. – S. 434-441.
14. Sydorchuk O.V. Inzheneriya mashynnyx system / O.V.Sydorchuk. – K.: NNCz «IMESG» UAAN, 2007. – 263 s.
15. Planuvannya proektiv vyroshhuvannya kultur na osnovi statystichnogo imitacijnogo modelyuvannya: monografiya / V.V. Adamchuk, O.V. Sydorchuk, P.M. Lub [ta in.]. – Nizhyn: Vydatev茨 PP Lysenko M.M., 2014. – 224 s.
16. Sydorchuk A.V. Nauchnye pryncypy upravlenyya proektamy razv'yty'a ferm po proyzvodstvu moloka / A.V.Sydorchuk, A.Y.Fenenko, D.A.Rumar // Molochnoe delo – 2009. – №6. – S.23 – 25.
17. Konceptualna model konfiguraciyi proektu texnologichnogo kompleksu mashyn dlya zbyrannya lnu-dovguncyu za adaptivnoyu texnologiyeyu / O.V.Sydorchuk, Ye.Yu.Fornalchyk, A.Yu.Gorbovyj // Mehanizaciya ta elektryfikaciya silskogo gospodarstva: mizhvidomchij tematychnij naukovyj zbirnyk. – Glevaxa: NNC z «IMESG»,2008. – Vyp. 92. – S. 477-486.
18. Systemno-texnologichnyj metod upravlinnya proektamy modernizaciyi texnichnyx obyektiv / O.V.Sydorchuk, O.O.Nalobina, M.A. Demidyuk [ta in.] / Mi-zhvuzivskyj zbirnyk «Kompterno-integrovani texnologiyi :osvita, nauka, vyrobnycztvo». – Luczk, 2011. – Vyp. №7. – S.125 – 130.