

НУБІП України

«Підвищення надійності функціонування машино-тракторних агрегатів в складній технічній системі «Людина-Машина-Середовище»»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

01.12 – МР.463«С»28.03.2023.009

Погорілий Ярослав Вікторович

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

УДК 681.533.-027.45

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
надійності техніки
(назва кафедри)

доц. Новицький А.В.
(підпис) (ПІБ)

“ ” 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на «Підвищення надійності функціонування машинно-тракторних агрегатів в складній технічній системі «Людина-Машина-Середовище»

Спеціальність 133 - «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Спеціалізація -

Магістерська програма «Технічний сервіс машини та обладнання сільськогосподарського виробництва»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Новицький А.В.

(ПІБ)

Керівники магістерської роботи

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Новицький А.В.

(ПІБ керівника)

Виконав

(студента)

Погорілий Я.В.

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ - 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри надійності техніки
К.Т.Н. доцент Висницький А.В.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
" " 20 року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТА

Погорілому Ярославу Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(код і назва)

Спеціалізація _____
(назва)
Магістерська програма «Технічний сервіс машини та обладнання сільськогосподарського виробництва»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи «Підвищення надійності функціонування машино-тракторних агрегатів в складній технічній системі «Людина-Машина-Середовище»»

затверджена наказом ректора НУБіПУ від «28»03.2023 р. №463 «С»

2. Термін подання завершеної роботи на кафедру 11.11.2023 р.
(рік, місяць, число)

3. Вихідні дані магістерської роботи: Вступ, Розділ 1. Людино-машинні технологічні системи в сільському господарстві та надійність їх функціонування (огляд досліджень), 1.1. Людино-машинні системи. Надійність їхнього функціонування, 1.2. Надійність та працездатність систем, 1.3. Аналіз ефективності роботи машинно-тракторних агрегатів за тимчасовими характеристиками, 1.4. Вплив людини на функціонування системи, 1.5. Система елементів «машина», 1.6. Вплив навколишнього середовища на працездатність і продуктивність машинно-тракторного агрегату, Розділ 2. Надійність

функціонування мобільних технологічних систем у рослинництві, 2.1. Обґрунтування моделі надійності функціонування людино-машинних систем технологічного процесу, 2.2. Застосування марківських данних для фізичного моделювання технологічного сільськогосподарського процесу, 2.3. Рівень надійності функціонування технологічної системи, Розділ 3. Компоненти технологічної системи, їх формалізація та оцінка, 3.1. Людина в технологічній системі, 3.2. Фактори, що визначають рівень професійної підготовленості механізатора, 3.3. Вплив компонентів "людина" на продуктивність агрегату та надійність функціонування технологічної системи, 3.4. Вплив стомлюваності механізатора на надійність функціонування технологічної системи та пошуки можливої лінії оцінки за непрямими показниками, Розділ 4. Методологія досліджень функціонування людино-машинних систем, 4.1. Методи експериментальних досліджень, 4.2. Технологічні процеси, агрегати, умови та місце проведення хронометражних спостережень, 4.3. Відмови технологічної системи та їх розподіл за компонентами, 4.4. Методика розрахунку інтенсивності відновлення працездатності – технологічної системи від «середовища», 4.5. Статистична оцінка часових характеристик, Розділ 5. Дослідження економічної ефективності та рекомендації щодо підвищення надійності функціональності технологічних систем, 5.1. Загальні принципи економічного розрахунку ефективності, 5.2. Підвищення надійності функціональності технологічної системи за рахунок зменшення збоїв з «людської» причини, 5.3. Підвищення надійності функціональності технологічної системи за рахунок зменшення відмов по причині «машини». Висновки.

Дата видачі завдання «22» жовтня 2022 р.

Керівники магістерської роботи

Новицький А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Погорідий Я.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

Вступ	7
Розділ 1. Людино-машинні технологічні системи у сільському господарстві та надійність їх функціонування (огляд досліджень)	9
1.1. Людино-машинні системи. Надійність їхнього функціонування	9
1.2. Надійність та працездатність систем	10
1.3. Аналіз ефективності роботи машинно-тракторних агрегатів за тимчасовими характеристиками	13
1.4. Вплив людини на функціонування системи	15
1.5. Система елементів «машина»	20
1.6. Вплив навколишнього середовища на працездатність продуктивність машинно-тракторного агрегату	26
Розділ 2. Надійність функціонування мобільних технологічних систем у рослинництві	29
2.1. Обґрунтування моделі надійності функціонування людино-машинних систем технологічного процесу	29
2.2. Застосування марківських ланцюгів для фізичного моделювання технологічного сільськогосподарського процесу	35
2.3. Рівень надійності функціонування технологічної системи	37
Розділ 3. Компоненти технологічної системи, їх формалізація та оцінка	39
3.1. Людина в технологічній системі	39
3.2. Фактори, що визначають рівень професійної підготовленості механізатора	39
3.3. Вплив компонентів "людина" на продуктивність агрегату та надійність функціонування технологічної системи	41
3.4. Вплив стомлюваності механізатора на надійність функціонування технологічної системи та пошуки можливої її оцінки за непрямими показниками	43

Розділ 4. Методологія досліджень функціонування людсько-машинних систем	46
4.1. Методи експериментальних досліджень	46
4.2. Технологічні процеси, агрегати, умови та місце проведення хронометражних спостережень	48
4.3. Відмови технологічної системи та їх розподіл за компонентами	51
4.4. Методика розрахунку інтенсивності відновлення працездатності – технологічної системи від «середовища»	52
Розділ 5. Експериментальна перевірка моделей надійності функціонування технологічних систем та виробництва біомеханічних сільськогосподарських агрегатів	54
5.1 Статистична оцінка часових характеристик	54
Розділ 6. Дослідження економічної ефективності та рекомендації щодо підвищення надійності функціональності технологічних систем	61
6.1 Загальні принципи економічного розрахунку ефективності	61
6.2 Підвищення надійності функціональності технологічної системи за рахунок зменшення збоїв з «людської» причини	64
6.3 Підвищення надійності функціональності технологічної системи за рахунок зменшення відмов по причині «машина»	66
Висновки	69
Список використаної літератури	71

НУВБІП України

Від ефективної роботи елементів сільськогосподарського комплексу (АПК) залежить продовольча безпека країни. Основними з них є внутрішня економіка та переробна промисловість. В них зосереджено 1/4 основних фондів, виробляється 30% кількості працюючих у матеріальній сфері, понад 70% споживчих товарів. Ці напрямки забезпечують населення продуктами харчування, товарами народного споживання, а промисловість - сировиною.

Сільський сектор економіки багато в чому визначає ефективність функціонування всіх галузей народного господарства країни.

Сільськогосподарське виробництво являє собою складну, ієрархічну, багаторівневу, динамічну соціально-економічну систему, що складається з багатьох різних підсистем, які, у свою чергу, включають неможливі підмножини. Їх характер визначається напрямом промисловості, матеріально-технічними і кадровими ресурсами, природно-кліматичними факторами та економікою виробництва. Відомо, що врахувати всі фактори, які впливають на сільськогосподарське виробництво, практично неможливо. Тим не менш,

досліджуваній системний принцип дозволяє більш точно і всебічно аналізувати досліджувані явища.

Із загальної системи виробник с/г виробництва, можна виділити основні складові (ланки, підсистеми), працездатність яких визначає працездатність усього комплексу технологічних процесів і операцій. Такою системою можна вважати функціонування технічних засобів виробництва, зокрема машинно-тракторних агрегатів (МТА). Від раціонального використання МТА значною мірою залежить ефективність сільськогосподарського виробництва. В той же час, реформування сільського господарства, внесене в його структуру багатокладності.

До останнього часу МТА вивчали переважно з позицій технічних можливостей агрегату машини та її сервісного обслуговування. Здійснювалась так звана, "техногенна" спрямованість функціонування МТН. Машинно-тракторний агрегат розглядався як технічна система - "трактор-зчіпка-робочий

засіб". При цьому установка управляється людиною (оператором, механіком тощо) і працює в певних умовах зовнішнього середовища. У зв'язку з цим визначення причин відмови технологічної системи та виявлення резервів підвищення ефективності її роботи доцільно здійснювати на основі системних досліджень, а функціонування технологічних процесів – представлена у вигляді системи «людина-машина-середовище» (Л-М-С). При цьому особливий інтерес представляють процеси технологічних систем, що здійснюються мобільною технікою (МТА) у рослинництві.

Метою роботи є підвищення надійності використання сільськогосподарської техніки в рослинництві за рахунок удосконалення процесу функціонування технологічних систем «людина-машина-середовище».

Об'єктом дослідження є технологічні процеси в рослинництві, які здійснюються мобільними технічними засобами в системі «людина-машина-середовище».

Предмет дослідження – закономірності, взаємодії та статистичні характеристики параметрів надійності технологічних систем «людина-машина-середовище» в рослинництві.

Публікації:

Новицький Андрій Валентинович, кандидат технічних наук, дійсний член Польської академії наук, доцент кафедри надійності техніки НУБіП України (м. Київ, Україна); Погорілий Ярослав Вікторович, студент магістратури, Національний університет біоресурсів і природокористування України. (м. Київ, Україна) «Вимоги до фільтрування повітря на дільницях підприємств технічного сервісу».

Засулько Андрій Андрійович, асистент кафедри надійності техніки НУБіП України (м. Київ, Україна); Погорілий Ярослав Вікторович, студент магістратури, Національний університет біоресурсів і природокористування України. (м. Київ, Україна); «Підбір фільтрів для очищення повітря ДВЗ автомобілів VOLKSWAGEN».

РОЗДІЛ 1. ЛЮДИНО-МАШИННІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ ТА НАДІЙНІСТЬ ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ (ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ)

1.1. Людино-машинні системи. Надійність їхнього функціонування

Достатній обсяг систематичних досліджень проведено й у сільському господарстві. Грунт і поле є складовими «середовища». Природно-кліматичні умови навколишнього середовища не враховуються. У роботі розглянуто структуру чотирирівневої системи біомашини. Порівняння таких систем здійснюється шляхом зіставлення виражених кількісних рангів. Цей метод дозволяє заощадити час на експертних оцінках машин і обладнання, визначити найкращі біомашинні системи. Критерії оцінювання є функціонально корисними ступенями свободи, упорядкованими за значущістю, визначеними з літературних джерел. У порівнянні біомашинних систем автор розглядає систему доїння корів «людина – доїльний апарат – доїльний апарат (з набором технічних пристроїв) – корова», описуючи її як «оператор – прилад – машина – клієнт (корова)». Описуються різні системи (мається на увазі інший набір машин) і вибирається найбільш ефективна.

У роботі розглядаються технологічні системи, особливою яких є взаємодія екологічних (грунт, рослини, клімат, навколишнє середовище тощо), технічних (трактори, сільська місцевість тощо) та управлінських (ефекти людини, математичне забезпечення функціонування системи, програми, алгоритми тощо) підсистем. В якості показників функціонування технологічних систем прийнято динамічні та економічні критерії адаптації. Критерій адаптації відображає ймовірність створення оптимальних умов росту рослин за застосовуваної технологічної системи [25]. За економічний критерій прийнято цільову функцію витрат і непрямий витрат системи обробітку с/г культури. Технологічні процеси подаються у вигляді послідовно з'єднаних елементів (технологічних операцій). Системний підхід до технологій виробництва с/г культур дозволяє істотно знизити втрати виробництва.

Функціональний, морфологічний та інформаційний опис механізованої системи застосовує та зазначає, що механізована система обслуговує основні системи виробництва: тваринництво, рослинництво, переробку, комунальне обслуговування сільського населення та ін. До складу механізованої системи, наприклад, входять персонал, машини, оброблюваний матеріал, виконавці та ін. В якості однієї з підсистем виступає підсистема «машинно-тракторний агрегат».

У статті про системне дослідження проблем машино-користування в сільському господарстві розглядається чотирьохрівнева біомеханічна система.

Перший рівень представленої підсистеми технологічних циклів по виробництву с/г культура. На другому рівні розглядаються питання (технологічні операції), що відповідають циклу робіт, наприклад, циклу «посів» відповідає операція підготовка насінневого матеріалу, транспортування, заправка сівалок тощо.

Цьому ж рівню відповідає виробничо-технічне забезпечення технологічних процесів. До третього рівня належать виконавці технологічних операцій, засоби та об'єкти процесу (оператор-верстатник, машинний агрегат, апарат, ґрунт, рослини, насіння тощо). На четвертому рівні визначаються показники, що характеризують працездатність людини, експлуатаційні властивості машин,

фізико-механічні та технічні властивості об'єкта процесу. Для людини відведена середа. Усі компоненти системи взаємопов'язані, впливаючи на її функціонування та кінцевий результат. Зокрема, третій рівень системи біомашини є її основною складовою. Ми віддали перевагу дослідженню цієї ланки (далі розглядатимемо її як самостійну систему «Л-М-С»). Системний підхід до вирішення завдань інтенсифікації технологічного процесу дозволить виявити оптимізаційні режими його функціонування [13].

1.2 Надійність та працездатність систем

Одним із основних параметрів оцінки ефективності функціонування людино-машинних систем є надійність і продуктивність. Теоретичні положення щодо надійності окремих машин, розроблені вітчизняними та зарубіжними

вченими, загальноприйнятні для систем у цілому. Основними технічними документами для дослідження надійності є ДСТУ. У них відображені всі основні поняття теорії і практики надійності виробів (машин), організації спостережень і збору та формування, обробки отриманого матеріалу.

Відповідно до ДСТУ 27.002 - 82 під надійністю розуміється властивість об'єкта зберігати в часі і в установленних межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах експлуатації, технічного обслуговування, ремонт, зберігання та транспортування.

Відмова об'єкта - подія, що призвела до порушення виконання. Працездатність виробу характеризується не тільки здатністю працювати (виконувати необхідні функції), але і зберігати допустимі межі робочих параметрів виробу [19].

Визначення надійності людино-машинних систем показано в роботах, де ймовірнісні характеристики щодо «надійності» оператора, отримані за часом використовується метод або метод експертних оцінок. Слід зазначити, що робота систем за участі людини має свої особливості. Формалізувати роботу оператора надзвичайно складно (а то й неможливо). Проте існують наближені ймовірнісні моделі (методи) визначення «надійності» як оператора, так і системи в цілому.

Існує кілька методів визначення надійності систем «людина-машина».

Одним із перших цю проблему розв'язав Б.Ф. Ломов [32]. Ним було запропоновано надійність системи «людина-машина» визначати за формулою:

$$P_{\text{чл}}(t) = P_T(t) + [1 - P_T(t)] \cdot K_{\text{оп}} \cdot [P_{\text{оп}} \cdot P_{\text{св}} + (1 - P_{\text{оп}}) \cdot P_{\text{исп}}(t)], \quad (1.1)$$

де $P_T(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи технічних засобів;

$K_{\text{оп}}$ - коефіцієнт готовності оператора;

$P_{\text{оп}}$ - ймовірність безпомилкової роботи;

$P_{\text{св}}$ - ймовірність своєчасного виконання оператором необхідних дій,

$P_{\text{исп}}(t) \sim$ ймовірність виправлення помилок.

Ефективність функції системи людина-машина можна визначити за допомогою цільової максимізованої функції

$$E = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n, \quad (1.2)$$

де x_1, x_2, \dots, x_n - приватні критерії ефективності, наприклад, надійність, доставка і др.;

a_1, a_2, \dots, a_n - вагові коефіцієнти, які визначаються експериментально, наприклад, методом експертних оцінок.

Надійність функціонування системи «людина-машина» в цілому і, частково, оператором оцінюється точністю зчитування показань, швидкістю обробки інформації та ін. З математичної точки зору показники ефективності системи є складними функціями багатьох змінних.

Надійність ($P_{ск}$) систем керування визначається надійністю оператора (P_0) за такою формулою:

$$P_{ск} = P_0 \cdot \prod_{i=1}^k P_{pi} \cdot \prod_{i=1}^k P_{omk,i} \quad (1.3)$$

де P_{pi} - ймовірність безвідмовної роботи системи з урахуванням здатності оператора уникати збоїв, що виникають у зв'язках;

$P_{omk,i}$ - ймовірність i -го відмови ланки за час роботи.

Слід зазначити, що через різноманітність факторів, що перетинаються, стандартизувати діяльність людини при функціонуванні системи «Л-М-С» практично неможливо. Проте досвід показує, що деякі фактори системи людина-машина цілком піддаються кількісній оцінці і можуть бути використані для вивчення відповідних закономірностей [12]. У багатьох джерелах, наприклад, є дані про вплив рівня кваліфікації та досвіду роботи слюсарів на продуктивність агрегату, витрату палива, ефективне використання робочого часу, собівартість, своєчасність і якість роботи та ін.

На завершення цього огляду слід зазначити, що проблемам функціонування людинно-машинних систем приділяється вченими значна увага.

Це великий науковий напрям, впровадження результатів досліджень

безпосередньо впливає на науково-технічний прогрес, практично у всіх сферах життя людини.

Проте слід зазначити, що проблема функціонування людино-машинних систем у сільськогосподарському виробництві є значно складнішою, ніж в інших галузях виробництва через специфіку останніх. Це, насамперед, стосується проблем використання мобільної сільськогосподарської техніки, особливо збиральних машин.

1.3 Аналіз ефективності роботи машинно-тракторних агрегатів за тимчасовими характеристиками

У багатьох використаних для огляду джерелах є чимало матеріалів щодо аналізу часових характеристик і резервів використання машинно-тракторних агрегатів у різних регіонах країни. Визначається за час зміни часу виконання операцій при виконанні механізованих робіт з урахуванням довжини колії, ширини захвату, режиму і швидкості руху агрегату, технічного стану його машин, ступеня підготовки поля до наступних робіт і тривалості робочої зміни.

Описані непродуктивні витрати змінного часу з деякими кількісними відмінностями мають своє місце в роботі МТЗ в умовах Київської області.

Аналіз проводився за звичайною схемою розрахунку відсоткового відношення часу простою до часу зміни без виділення «людського» фактору та чинників навколишнього середовища.

В роботах Зангієва А.А. наведено результати досліджень часу перебування на поворотах при груповому та індивідуальному керуванні тракторами залежно від виду повороту. Метою цих досліджень є розробка резервів скорочення часу простою і відповідно підвищення продуктивності [14]. С.А. Іофінов ще в 1966 р. запропонував, що в балансі часу перемикання передач слід навчитися витратити час на перемикання передач на поворотах. Багато авторів аналізують коефіцієнт використання часу руху з урахуванням зміни швидкості агрегату і перемикання передач і наводять дані про скорочення витрат часу на підготовку агрегату за рахунок удосконалення технічних засобів.

В описані показники продуктивності та надійності технологічного процесу с/г виробництва. Тривалість циклу приймається як сума чистого робочого часу і витрат на всі холості, обороти і технологічне обслуговування, що, в свою чергу, становить певну частку загального часу зміни, що припадає на один цикл. Для визначення зв'язку між виробленими технологіями продуктивності та надійності с/г. Автор процесів використовував метод, який використовується в промислових технологічних лініях машин [20]. Рівень експлуатаційної надійності технологічного процесу оцінюється коефіцієнтом циклічного використання часу. У роботі також дається оцінка безвідмовності та ремонтпридатності, розв'язок функції надійності з урахуванням «старіння» елементів системи і погіршення стабільності самого процесу.

Аналізуючи відому формулу продуктивності, виражену через потужність двигуна, визначається відношення його компонентів до «людини», «машини» або «навколишнього середовища». На основі цього, з використанням даних синхронізації, визначається ступінь впливу компонентів системи на продуктивність агрегату. У результаті ступінь впливу «людина» становить 32,3%, «машини» — 24,6% і «середовище» — 43,1%. Однак ці дослідження є попередніми і не завершеними, так як не установи не виявлені закономірності зміни компонентів системи "Л-М-С" та їх детальна характеристика. Такий методичний підхід має один суттєвий недолік, який полягає в тому, що визначення відповідності складових формули продуктивності тому чи іншому елементу системи «Л-М-С» є грубо наближеним і умовним, логічно і математично не обгрунтованим.

Узагальнено в цьому параграфі необхідно зазначити, що для дослідження надійності та продуктивності людино-машинних систем можливе використання методу експертних оцінок та методу часових спостережень. Метод хронометражних спостережень дозволяє виявити низку резервів підвищення продуктивності та економичності машинно-тракторних агрегатів. Однак головним чином МТА не розглядався як біомашинна система, тобто вплив елементів системи «Л-М-С» враховано не повністю. Крім того, в балансі часу зміни з розгляду виключено час обідньої перерви та час руху оператора від

мієнн відпочинку до стоянки. Ці компоненти загального балансу і час мають пряме відношення до «людини». Тому при дослідженні наційності та працездатності системи «Л-М-С» необхідно, на наш погляд, включити ці компоненти, які потрапляють у загальний баланс часу.

У науковій, навчальній, технічній та довідковій літературі з питань експлуатації машинно-тракторного парку машинно-тракторним агрегатом прийнято називати поєднання робочої машини з джерелом енергії, передачею і допоміжним пристроєм для виконання сільськогосподарської операції [48].

Однак ця назва відображає лише технічні характеристики агрегату.

Враховуючи, що МТА управляється механіком (оператором), доцільно називати біомашинним сільськогосподарським агрегатом (БМСА). Відповідно до ДСТУ 21033-75 система «людина-машина» не включає «середовище». Для

виділення резервних продуктів МТА певний сенс вносить включення в загальну систему компонента «довкілля». У цьому випадку система, на наш погляд, має завершений вигляд. Вперше основоположник землеробської механіки В.П. Горячкін.

1.4 Вплив людини на функціонування системи

Першою складовою системи «Л-М-С» є людина (машиніст, тракторист, комбайнер, механізатор), яка виступає не лише членим елементом. Оператор керує машиною, контролює, регулює роботу всієї системи та інших компонентів. Працездатність і ефективність функції БМСА значною мірою залежатиме від складової «Л» («людина»).

У свою чергу «людина» (оператор) характеризується такими показниками, як стаж і кваліфікація, клас, освіта, рівень знань і технологій, досвід роботи, майстерність, уміння, навички, дисциплінованість праці, а конкретніше до праці , технологія, оброблений матеріал, продуктивність та психологічні стани вважаються важливими та характерними для «людини»

«Людський фактор» завжди виступав як головна продуктивна сила. Він вирішальний у будь-якому прогресі. Від цього залежить використання всіх

матеріальних цінностей. Найдосконаліші засоби виробництва (машини, трактори, верстати, устаткування тощо) будуть простоювати або неефективні, якщо не задіяти «людський фактор».

Поняття «людський фактор» з'явилося в 1940-х роках в інженерній психології у зв'язку з появою складних технологічних процесів і зростанням потреби в інтеграції людини. Однак це поняття слід розглядати набагато ширше. Людський фактор є своєрідним позначенням функціонування людини в системах соціальних, економічних, виробничих, науково-технічних та інших відносин, які відносяться до неї як до суб'єкта діяльності [35].

Аналіз досліджень показує, що людина (оператор) відіграє вирішальну роль у функціонуванні системи «людина-машина». Накопичені дослідження дозволили стандартизувати базові поняття та визначення для цілого ряду понять системи «людина-машина». Діяльність людини-оператора визначається як процес досягнення цілей у функціонуванні системи.

Виявленню психофізіологічних станів під час роботи присвячено значну кількість досліджень діяльності людини в системах. На цій основі розробляються відповідні заходи щодо підвищення ефективності функціонування систем, оптимізації управління ними, вдосконалення конструкції машин, кабін, оглядовості, засобів контролю, діагностики тощо.

У полі зору дослідників такі питання, як втомата, що виражається в погіршенні працездатності людини і системи, а також фактори, що на це впливають. Вивченню можливостей людини отримувати, розуміти інформацію і на цій основі приймати відповідні рішення щодо управління системою присвячено багато досліджень. Стосовно людини, як елемента системи, працездатність розуміється як сума функціональних можливостей організму, що характеризується обсягом і якістю роботи в умовах навантаження, максимальної інтенсивності або активності.

Втомата – це процес тимчасового зниження функціональних можливостей організму під впливом інтенсивної або тривалої роботи, що виражається в погіршенні кількісних і якісних показників працездатності. Втомата людини-оператора є одним із найскладніших аспектів досліджуваного явища. Від неї в

більшості залежить діяльність людини-оператора по контролю за роботою машини.

У представлених роботах розглядаються питання, пов'язані з прийомом інформації оператором, її оцінкою та обробкою, прийняттям і реалізацією рішень. Визначено функціональні можливості людини, її часові характеристики щодо отримання та обробки інформації. В цілому діяльність тракториста зводиться до функцій контролю та управління МТА.

У ряді робіт наведено результати досліджень щодо узгодження функцій оператора стаціонарних об'єктів з характеристиками системи керування. Вони неприйнятні для мобільних агрегатів. Функції тракториста в системі керування продуктивністю трактора представлено в роботах. Специфіка роботи тракториста настільки складна і різноманітна, що врахувати всі фактори, які впливають на його роботу, досить складно. Академік Глушков В.М. зазначав:

«Не можна виразити всю різноманітність людської поведінки за допомогою формул». У свою чергу, ігнорування «людського фактору» призводить до зниження ефективності використання трактора, збільшення простоїв [26].

Механіки не повністю реалізують технічні можливості МТА, а умови їх роботи значно погіршуються. І, навпаки, можна проводити великий обсяг досліджень,

коли ефективність функціонування сільськогосподарської техніки і, зокрема, МТА значно підвищується, якщо людині (оператору, механізатору) приділяти достатню увагу. Так, наприклад, рівень кваліфікації суттєво впливає на

продуктивність праці, оператори-механісти I та II розрядів ефективніше

використовують свій робочий час відповідно на 20,5 і 13,0% і знижують собівартість праці, підвищуючи продуктивність праці в 10...20 % і 5...8%,

виграє палива на 5...7% менше, ніж у механіки третього класу. Рівень кваліфікації механіка в основному залежить від освіти та досвіду роботи.

Слюсарі, які мають 8...10 розрядів, підвищують свій кваліфікаційний рівень у

1,5...2 рази швидше. Слюсарі зі стажем роботи до 5 років використовують свій робочий час на 78...85 %, а зі стажем роботи 6...20 років - на 88...91 %

Механізатор також виступає контролером за якістю та своєчасністю виконання робіт у найкращі агротехнічні терміни. Якість, у свою чергу, залежить як від

налаштування та налагодження машини під час її підготовки до роботи, так і від безпосереднього виконання технологічного процесу (враховуючи зовнішні умови, вологість ґрунту, стан поля, рельєф місцевості, забруднення, шлях і швидкість пересування, ширина захоплення агрегату та інші).

Втрати цілих робочих днів з об'ємного фонду часу тракториста-машиніста сягають 15...18%. Внутрішньозмінні втрати на оранці становлять 10,4% в Вінницькій області, 46...56% - у Житомирській області. У різних кліматичних умовах виробництва виникають різні втрати. 46% простоюють з організаційних причин, 11,5% - через погоду, 10,5% - через механічне обладнання.

Невиконання змінної норми виробітку при роботі по 10...13 годин одним механізатором становить 30% і більше. Коли дві зміни, то в кожному з них більше роботи.

Професор Е.А. Улицький у статті «Технічний аспект проблеми «людина — машина» розглядає систему «людина — машина» з точки зору створення сприятливих умов праці для механіка. Аналізуючи систему, він виділяє дві групи факторів: енергетичні (пов'язані з машиною) і соціальні (пов'язані з оператором). У роботі помічено, що у випадках, коли не враховувався людський фактор, не реалізовувалися можливості енергонасиченої технології [38]. У зазначеному дослідженні наведено дані щодо впливу соціальних факторів та недосконалості конструкцій сільськогосподарських машин на стаж роботи механізаторів, їх захворюваність та плинність. Описуючи систему людина-машина під впливом виробничого середовища, автор акцентує увагу на таких, здавалося б, менш значущих факторах, як шум, мікроклімат, низькочастотні випадкові вібрації. Є дані про методи оцінки зручності керування машиною. Автором представлено методику комплексної оцінки професійних та особистих якостей механіка за ефективністю роботи машини. При цьому він виділяє наступні чинники, ранжовані за важливістю: кваліфікація, трудова дисципліна, ставлення до основної техніки, економічність, ставлення до сільськогосподарської праці. Перші три пов'язані з характеристиками надійності системи "людина-машина". Узагальнено на даний час пропонується прийняти коефіцієнт професійного потенціалу механіка ($K_{пм}$). Встановлено, що $K_{пм}$

мають 56,5% механіків дорівнює 0,7..0,9 (середнє значення), 18,1% - більше 0,9 і 16,5% - менше 0,7. Дані дослідження проведено методом експертної оцінки щодо надійності та ефективності сільськогосподарських робіт за тривалий період (зокрема, за рік). Є кілька прикладів подібних застосувань до внутрішньозмінних несправностей. У роботі зазначені питання розглядаються в системі «людина-машина» без компонента «довкілля».

Досить великий обсяг робіт доступний на основі аналізу факторів, що впливають на працездатність людини в промисловому виробництві.

Класифіковано види праці за психофізичними ознаками, виявлено типові зміни працездатності у виробничих умовах, описано методику обліку, наведено схеми взаємодії зв'язків у системі «людина-машина-зовнішнє середовище». Як чинники «середовище» визначає фізико-хімічні, соціально-психологічні взаємодії людини і колективу, знаряддя і предмет діяльності. Оцінку трудової діяльності людини можна проводити методом обліку часу (хронометрування) на виконання операції, вимірюючи обсяг виконаної людиною механічної роботи з урахуванням витрат енергії на роботу, виконуваних, стійкість динамічного стереотипу працівника, концентрація нервових процесів і ритмічність функціонування фізіологічних систем.

Розглядаючи інженерно-психологічні аспекти створення засобів автоматизації роботи МТА, автори виділяють основні функції машини управління рухом, роботою (операційні функції) та можливість їх реалізація при наявності великої різноманітності параметрів, контрольованих машиною.

Досвід врахування «людського фактору» при створенні автоматизованих систем показав доцільність і ефективність системного підходу в практиці експлуатації машин і діяльності оператора з контролем та управлінням МТА. При описі людини-оператора в системі управління є роботи, пов'язані з вивченням його діяльності на основі відмов і невідповідностей. У ефективність оператора оцінюється за його «надійністю» та часовими характеристиками. Зокрема, за показник прийнято рівень виконання контрольно-контрольних операцій, від якого залежить вірогідність збереження оператором працездатного стану.

Відношення показника реальної ефективності до потенційної характеризує

показник ергономічності системи «тракторист».

Структуру факторів впливу на систему «людина-машина» в застосуванні до задачі оперативного управління МТА розглянуто. Автор зазначає, що енергетичні та соціальні фактори є нормативними величинами, дотримання яких значною мірою забезпечує виконання підрозділом функціонального завдання. У багатьох роботах людина в системі вважається керуючою ланкою. Враховуючи вищесказане, можна зробити висновок, що оптимізація діяльності оператора в процесі контролю та управління МТА є однією з важливих умов підвищення надійності та ефективності використання машин.

Результати зазначених досліджень використовуються при розробці робочих місць, сидінь, кабін, панелей приладів, пультав, органів керування, ваг, засобів контролю та діагностики. Наведено аналіз передніх панелей на різноманітних вітчизняних і зарубіжних сільськогосподарських машинах, призначених для керування та управління технологічним процесом. Дослідження показали, що для звичайного оператора інформація понад 50 біт/с виходить за межі його можливостей. Він швидко втомлюється і потім це сприймає, що позначається на якості водіння автомобіля.

1.5 Система елементів "машина"

Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві неможливий без використання машин, які повинні надійно виконувати покладені на них функції. Тому завдання підвищення їх надійності та довговічності є однією з головних проблем вітчизняного тракторного та сільськогосподарського машинобудування. Підвищення якості машин - важливе джерело зростання продуктивності та індивідуально-суспільної праці, що є довгостроковим резервом підвищення матеріального добробуту людей. Під якість товару зазвичай розуміють сукупність властивостей, що визначають його придатність до використання за призначенням.

Кожна машина, кожен вид виробництва має свої особливі властивості.

Загальна властивість, що характеризує машину - її надійність. Надійність є

частиною якості продукту. Проте за якістю він суттєво відрізняється від усіх інших властивостей. Сама по собі надійність не характеризує технічну досконалість машин. Машина може бути професійною нерухомістю, але мати низькі технічні характеристики [44]. У той же час, якщо машина не володіє необхідною надійністю, то всі її високі технічні характеристики і всі інші властивості її якості втрачають своє практичне значення, оскільки не можуть бути повністю реалізовані в експлуатації.

Відповідно до ДСТУ 27.204.83 під надійністю (в широкому розумінні) розуміють «властивість виробу, яка визначається надійністю, довговічністю і ремонтпридатністю самого виробу та його частин і яка забезпечує виконання експлуатаційних показників виробу згідно з ДСТУ 27.204.83. витримуються в установлених межах».

Будь-яка машина, трактор, комбайн, автомобіль, самохідне шасі та інші машини технологічного комплексу, якими б високими не були їх техніко-економічні показники, ефективність їх використання може бути низькою, якщо ця техніка ненадійна. Ненадійність наших шин призводить до тривалих простоїв технологічних людино-машинних комплексів, витрат виробництва, невиправданого подорожчання експлуатації та гальмує подальший розвиток раціонального використання.

В даний час надійність деяких механізмів, систем, вузлів і деяких інших машин ще недостатня. Про низьку надійність цілого ряду вузлів, деталей машин і великі економічні витрати на підтримання їх у робочому стані свідчать численні дані, опубліковані у вітчизняній і зарубіжній пресі. Низька надійність призводить до того, що вартість експлуатації деяких машин за період експлуатації в кілька разів перевищує вартість придбання. Наприклад, трактор за 8 років експлуатації витрачає в чотири рази більше техніки, ніж коштує новий і т.д. Конструкції моїх шин постійно ускладнюються. Це пов'язано з прагненням конструкторів покращити свої техніко-економічні показники. Але, крім цього, якщо одночасно не підвищувати надійність деталей і агрегатів машин або вживати спеціальних заходів для підвищення продуктивності в процесі експлуатації, то машинно-тракторні агрегати практично виявлятимуться

неефективними через дуже часті збої в роботі. Таким чином, якість продукту характеризується не тільки хорошими експлуатаційними показниками, але і високою надійністю.

Складність забезпечення високої надійності МТА в ряді випадків була викликана складними умовами їх експлуатації. Найчастіше агрегати працюють в заплиених умовах, при низьких температурах, різному рівні вологості, важких ґрунтах, з сильними трясками, вібраціями та перевантаженнями. Це обумовлює додаткові вимоги щодо забезпечення надійної роботи машин у складних умовах експлуатації. Особливо гострою та актуальною є проблема підвищення надійності машин, що працюють у системі технологічного процесу. Відмова однієї машини, що входить до складу агрегату, призводить до простою всіх інших машин і системи в цілому. Неоцінена роль надійної роботи машин у напружені періоди польових сільськогосподарських робіт. У цих умовах наслідки ненадійності можуть виявитися дуже відчутними. У ряді випадків вихід з ладу однієї машини може призвести до аварії всього агрегату, що часто створює загрозу для людей. Тому проблема підвищення надійності машин має велике народногосподарське значення.

Відомо, що темпи зростання складності конструкції машин значно випереджають зростання їх надійності. Створюється певне протиріччя. У зв'язку з цим особливого значення набуває науковий напрямок теорії надійності. Теорія надійності встановлює закономірності виникнення відмов у різних виробках, вивчає вплив зовнішніх і внутрішніх впливів на процеси в них, створює основи для розрахунку надійності і прогнозування відмов, шукає шляхи підвищення надійності при проектуванні, виготовленні та експлуатації продукції, визначає методику збору, обліку та аналізу зведених статистичних даних, що характеризують достовірність.

На сучасному етапі розвитку техніки обов'язковою вимогою при проектуванні машин є надійність, що виражається в конкретних показниках. Таким чином, проблема підвищення надійності машин є актуальною. Її значення буде постійно зростати з впровадженням нових технологій,

автоматизованих систем управління з інтенсивним розвитком системних досліджень.

Трактор, комбайн, автомобіль, самохідне шасі та інші подібні машини, що входять до складу агрегату, є складними технічними системами. У нашому

дослідженні ми домовилися називати їх підсистемами, об'єднавши їх у складову технологічної системи під загальною назвою «машина». Оскільки

надалі ми будемо говорити про надійність технологічних систем, то для деякого спрощення будемо розглядати машинно-тракторний агрегат як самостійну

технічну систему. Водночас це означає, що кожна машина, яка входить до складу агрегату, виконує відповідні їй функції, а всі разом – загальне

функціональне завдання. За характером впливу відмов на техніко-економічні показники та роботу технологічної системи МТА, як систему, відносять до

комплексних. Складні системи мають здатність продовжувати виконувати свої функції при частковій відмові окремих елементів, але зі зниженою

ефективністю або гіршими техніко-економічними показниками [61]. Фальшива технічна система складається з кількох взаємопов'язаних елементів. Елемент –

це частина системи, яка не має самостійного експлуатаційного призначення, але виконує певні функції в системі. Зазвичай прийнято розглядати наступні

елементи агрегату: трактор, зчіпку, роботу машину. Перераховані елементи необхідно розглядати як складні, а деталі і вузли верстата прийняти простими.

Таким чином, відповідно до розв'язуваної задачі, МТА будемо розглядати як технічну систему, що складається із складних елементів. Складні елементи

визначаються ремонтпридатними, а прості можуть бути не ремонтпридатними в залежності від складності несправності. З'єднання простих і складних елементів

в системі здійснюється за певною схемою в залежності від функцій верстата. З'єднання елементів за надійністю не еквівалентні їх з'єднанням і, з точки зору

теорії надійності, характеризуються насамперед впливом несправності одного з елементів на надійність всієї технічної системи. У розглянутій системі склад

елементів змішаний. Коли один з елементів виходить з ладу, вся система може вийти з ладу, а може і не вийти з ладу.

Відмова всієї системи (тобто МТА) відбувається тільки при несправності декількох простих елементів.

Кожен елемент (складний і простий) має чітко визначені робочі функції.

Для виконання системи або елемента її функцій з необхідною якістю необхідно, щоб їх основні параметри не перевищували встановлених меж. Під встановленими межами розуміються межі зміни основних параметрів, зафіксовані в технічній документації.

Іноді для більшої визначеності і конкретизації виділяють експлуатаційну і технічну надійність. Під експлуатаційною надійністю розуміють надійність,

визначену в реальних умовах експлуатації з урахуванням комплексного впливу зовнішніх і внутрішніх факторів, пов'язаних з природно-кліматичними особливостями експлуатації, реальними режимами роботи двигуна та умовами його обслуговування. Іншими словами, оцінюється експлуатаційна надійність

агрегату, що працює в технологічній системі «Л-М-С». Оціночними показниками надійності (згідно з ДСТУ) є надійність, довговічність, ремонтпридатність і ремонтпридатність, кількісними показниками яких можуть бути характеристики ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, технічний ресурс, коефіцієнт технічного використання, тощо.

Розглянуті поняття надійності машин не вичерпують усієї сукупності термінів теорії надійності. Їх круг буде розширеним при розробці програмного забезпечення функціонування технологічних систем.

Проблема експлуатаційної надійності охоплює широке коло окремих питань теоретичного, практичного, організаційного характеру і вимагає особливих зусиль для свого вирішення в різних областях, починаючи від етапу проектування і технології виробництва сировини і закінчуючи використанням машин в експлуатаційних умовах. У зв'язку з тим, що процес виникнення відмов машин за своєю фізичною природою має дуже випадковий характер, математичний апарат теорії надійності базується переважно на теоретико-ймовірних методах.

Важливе місце в теорії надійності займає розробка методів інженерного - розрахунку надійності при проектуванні і виготовленні машин. Орієнтовну

оцінку очікуваного рівня надійності сконструйованих машин можна отримати на основі застосування інженерних методів розрахунку на основі вихідних статистичних даних про надійність елементів. На підставі цієї оцінки можна вибрати найбільш оптимальний варіант технічного рішення, що максимально задовольняє вимогам надійності. При розробці методики обґрунтування вимог до надійності важливо враховувати ступінь впливу надійності розглянутого вузла на ефективність технологічної системи.

Щоб правильно окреслити шляхи підвищення надійності елементів і технічної системи в цілому, необхідно знати фактори, що впливають на надійність, і причини появи відмов. Надійність машини залежить від великої кількості зовнішніх і внутрішніх впливів, до яких відносяться: режими роботи, температура навколишнього середовища, вологість, пил, вібрація, удари та ін. В результаті комплексного впливу всіх цих факторів значно прискорюються процеси зношування і старіння деталей. Завдання полягає в тому, щоб мінімізувати вплив на надійність названих факторів і розробити способи обмеження їх негативного впливу [47].

Надійність забезпечується рядом заходів, які проводяться на всіх етапах, починаючи від створення машини і закінчуючи її практичним використанням.

Тому завдання забезпечення надійності є комплексним, його необхідно вирішувати на етапі проектування, виробництва та експлуатації. Далі слід зазначити, що етапи проектування та виробництва є вирішальними. У процесі експлуатації машин їх надійність забезпечується рівнем техніко-виробничої експлуатації. Заходами підвищення надійності в процесі експлуатації машин є: технічне обслуговування, діагностика та прогнозування відмов, відновлення та ремонт, забезпечення запасними частинами, зберігання та консервація машин, забезпечення їх експлуатації відповідальними експлуатаційними матеріалами.

Велику роль у вирішенні проблеми надійності відіграють організаційно-технічні заходи. Вони пов'язані з координацією зусиль у галузі підвищення надійності машин і деталей, організацією збору та обробки статистичних даних про відмови, встановленням зв'язків між сферами виробництва та експлуатації

та низкою інших заходів. Перераховані проблеми надійності не є вичерпними.

Теорія надійності постійно розвивається і висуває нові завдання.

У даній роботі не ставиться за мету висвітлити всі питання, пов'язані з підвищенням надійності агрегату машини. Ми намагаємося певною мірою висвітлити деякі аспекти проблеми надійності машин, що працюють в технологічній системі «людина-машина-середовище».

1.6 Вплив навколишнього середовища на працездатність і продуктивність машинно-тракторного агрегату

«Середовище» – третій елемент системи «людина-машина», що розглядається. Залежно від технологічного процесу, що здійснюється,

середовище включає такі показники, як температура, вологість і склад ґрунту, забрудненість полів та їх конфігурація, рослини, насіння, зерно тощо. Іншими словами, він включає всі фактори, що характеризують умови роботи системи (природно-кліматичні, ґрунтові, погодні, виробничі, агроландшафтні та ін.).

Наприклад, значну роль у роботі машин відіграють агрокліматичні та ґрунтові умови, що впливають на ефективність використання МТА. У багатьох районах країни існують різні природно-кліматичні умови, специфічні агротехнічні вимоги, які необхідно враховувати при розробці, створенні машин та їх систем.

До основних чинників цих умов можна віднести: рельєф місцевості, розміри оброблюваних полів, тип, механічний склад і вологість ґрунту, кількість опадів (протягом року та під час польових робіт), масу врожаю, співвідношення зерна у посіві, солома, густина і висота рослини, вологість маси і вилягання посівів, фізично-механічне і агротехнічне виробництво рослин (попередники, наявність бур'янової рослинності, глибина обробітку ґрунту і висіву насіння, ступінь подрібнення шару, способи оранки) та ін.

Значний вплив на працездатність і продуктивність МТА має рельєф місцевості. При наявності уклону продуктивність знижується. При роботі на малих оброблених площах погіршуються техніко-економічні показники роботи МТА. На довгих перегонах коефіцієнт робочих пробігів більше, ніж на

коротких перегонах. Конфігурація полів, нахил і розміри полів зумовлюють вибір шляхів пересування, від яких істотно залежить продуктивність.

Природні умови значно впливають на нормативні та техніко-економічні показники використання машин [20]. Таким чином, потужність двигуна і витрата палива залежать від температури навколишнього повітря. При різних земле-кліматичних умовах змінюються баланси потужності, тягового зусилля і опору машин, а їх складові частини перерозподіляються відповідно до зміни стану оброблюваного матеріалу, ґрунту, вологості, морозу, зміни температури.

Структурно-механічний склад, щільність, стан ґрунту, конфігурація полів, їх забрудненість значною мірою визначають режим роботи МТА, що зумовлює маневрування швидкостями та режимами навантаження, що безпосередньо впливає на продуктивність та економічну ефективність агрегату. У наведеному дослідженні системи «Л-М-С» з точки зору виявлення можливостей обробки інформації та виконання керуючої дії людини на машину з урахуванням факторів зовнішнього середовища. Системний підхід дозволяє розрахувати структуру МТП з урахуванням зональних умов («середовища»), зокрема впливу зональних особливостей клімату, рослин, полів, луків і пасовищ, ґрунтів на систему машин. У монографії Агрофізичного інституту Університету обговорюється принцип можливості та досвід моделювання продуктивності рослин з урахуванням впливу факторів «середовища».

В роботах приведення оцінки стану виробничих процесів з автомобільних кондиціонерів по містам. Результати розрахунків використовуються при підготовці МТП до сезонних робіт і прийнятті стратегічних рішень щодо експлуатації машин.

Складова системи «середовище», як зазначалося вище, характеризується природно-кліматичними умовами експлуатації обладнання.

Теплозабезпеченість просапних культур короткочасна і часто недостатня для їх дозрівання. Клімат різко континентальний. Перепад температур в період весінніх і осінніх робіт іноді достатньо 15-20 і більше градусів. Часті заморозки навесні і восени. Збирання сільськогосподарських культур, як правило, відбувається в складних агрокліматичних умовах Словенії. У середній

частині регіону відносно сприятливий серпень для проведення очисних робіт 17...20, а у вересні - 15...17 днів. Ранні зернові культури досягають у третій декаді серпня. Після 8...10 днів стояння на корені дозріле зерно вночі

осиплеться. Рясні опади в цей період сприяють проростанню полеглих зерен і бур'янів, утворенню додаткових сходів. Бук со вание комбайнов резочно враскатет. Збільшується витрата палива. Продуктивність знижується. Затяжні дощі і вітри в цей період сприяють закладанню хлібної маси. Його стан значно ускладнює різання, збирання та подрібнення. Все це створює несприятливі

умови як для роздільного збирання, так і для прямого збирання. Виникають додаткові труднощі пов'язані з переобладнанням комбайна, його експлуатацією та організацією очисних робіт.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

2.1. Обґрунтування моделі надійності функціонування людино-машинних систем технологічного процесу

Загально визнано, що в сільському господарстві для виробництва продукції існують такі характерні елементи:

- виробничий процес - процес виробництва сільськогосподарської продукції;
- виробнича операція (сільськогосподарська робота), що складається з технологічних, направлених на зміну властивостей оброблюваного матеріалу.

НУБІП України

У свою чергу технологічні операції поділяються на основні, транспортні та допоміжні. Технологічні операції проводяться відповідно до прийнятої в господарстві технології, яка оформляється у вигляді операційної технологічної карти на кожний вид робіт (технологія виконання кожної операції того чи іншого виду). Він містить комплекс агротехнічних, технічних, організаційних та економічних правил високоєфективного використання МТА, що забезпечує якісне проведення польових механізованих робіт і, як наслідок, екологічно чисте виробництво. Аналізуючи дані роботи, не важко помітити, що виконання технологічних операцій у загальному комплексі виробництва парного процесу є основною ланкою у виробництві сільськогосподарської продукції.

НУБІП України

Виходячи з цього, в даній роботі розглядається проблема підвищення ефективності виконання лише технологічних операцій. Така постановка питання зумовлена не тільки обсягом дослідницьких і методичних міркувань, а й тим, що вивчення всіх виробничих процесів отримання сільськогосподарської продукції є дуже великою і нілком самостійною галуззю досліджень.

НУБІП України

З метою систематизації запланованих досліджень прийнято називати весь комплекс основних транспортних і допоміжних робіт для кожного

НУБІП України

НУБІП України

окремого типу є/г робіт технологічним процесом, який складається із наступних підсистем. рис. 2.1.

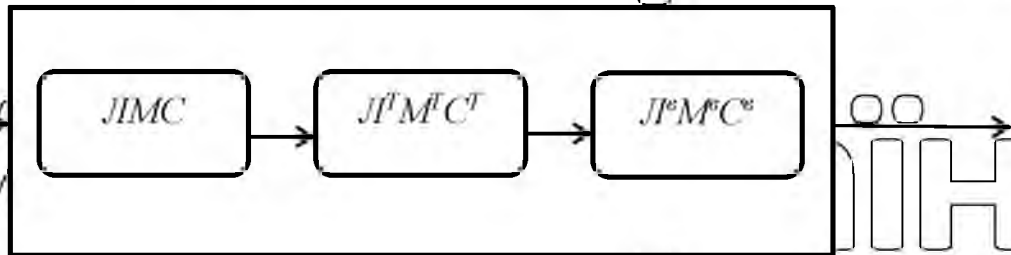


Рис. 2.1. Схема технологічного процесу з транспортно-допоміжним обслуговуванням:

I - людино-машинна підсистема основної технологічної операції (ЛМС)

II - людино-машинна підсистема транспортної технологічної операції (Л^ТМ^ТС^Т);

III - людино-машинна підсистема допоміжних операцій (Л^ВМ^ВС^В).



Рис. 2.4. Граф станів функціонування шестиеlementної системи прибирально-транспортного процесу

Де P - надійність функціонування системи (ймовірність безвідмовної роботи);

$g_L, g_M, g_C, g_L^T, g_M^T, g_C^T$ - високоті непрацездатного стану системи по

3 причин «відторгнення» підсистем відповідно «людини», «машини», «середовище»;

$\lambda_L, \lambda_M, \lambda_C, \lambda_L^T, \lambda_M^T, \lambda_C^T$ - інтенсивність відбраковування систем за причинами «Л», «М», «С» відповідно 1-ї і 2-ї підсистеми;

$\mu_L, \mu_M, \mu_C, \mu_L^T, \mu_M^T, \mu_C^T$ - інтенсивності "відновлених" підсистем.

$$\frac{dP}{dt} = -\lambda_L P + \mu_L g_L - \lambda_M P + \mu_M g_M - \lambda_C P + \mu_C g_C - \lambda_L^T P + \mu_L^T g_L^T - \lambda_M^T P + \mu_M^T g_M^T - \lambda_C^T P + \mu_C^T g_C^T$$

$$\frac{dg_L}{dt} = \lambda_L P - \mu_L g_L$$

$$\frac{dg_M}{dt} = \lambda_M P - \mu_M g_M$$

$$\frac{dg_C}{dt} = \lambda_C P - \mu_C g_C \tag{2.1}$$

$$\frac{dg_L^T}{dt} = \lambda_L^T P - \mu_L^T g_L^T$$

$$\frac{dg_M^T}{dt} = \lambda_M^T P - \mu_M^T g_M^T$$

$$\frac{dg_C^T}{dt} = \lambda_C^T P - \mu_C^T g_C^T$$

У стаціонарному режимі роботи системи та стані нормалізації:

$$P + g_L + g_M + g_C + g_L^T + g_M^T + g_C^T = 1 \tag{2.2}$$

Отримаємо наступне вирішення системи(2.1):

$$P = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_L}{\mu_L} + \frac{\lambda_M}{\mu_M} + \frac{\lambda_C}{\mu_C} + \frac{\lambda_L^T}{\mu_L^T} + \frac{\lambda_M^T}{\mu_M^T} + \frac{\lambda_C^T}{\mu_C^T}} \tag{2.3}$$

$$g_L = \frac{\lambda_L}{\mu_L} P; \quad g_M = \frac{\lambda_M}{\mu_M} P; \quad g_C = \frac{\lambda_C}{\mu_C} P;$$

$$g_L^T = \frac{\lambda_L^T}{\mu_L^T} P; \quad g_M^T = \frac{\lambda_M^T}{\mu_M^T} P; \quad g_C^T = \frac{\lambda_C^T}{\mu_C^T} P. \tag{2.4}$$

Зазначивши $\lambda_i = \alpha_i^T$, $\mu_i = \alpha_i^T$, ($i = \text{л, м, с}$), будемо мати:

$$g_i = \alpha_i^T P, \quad g_i^T = \alpha_i^T P. \quad (2.5)$$

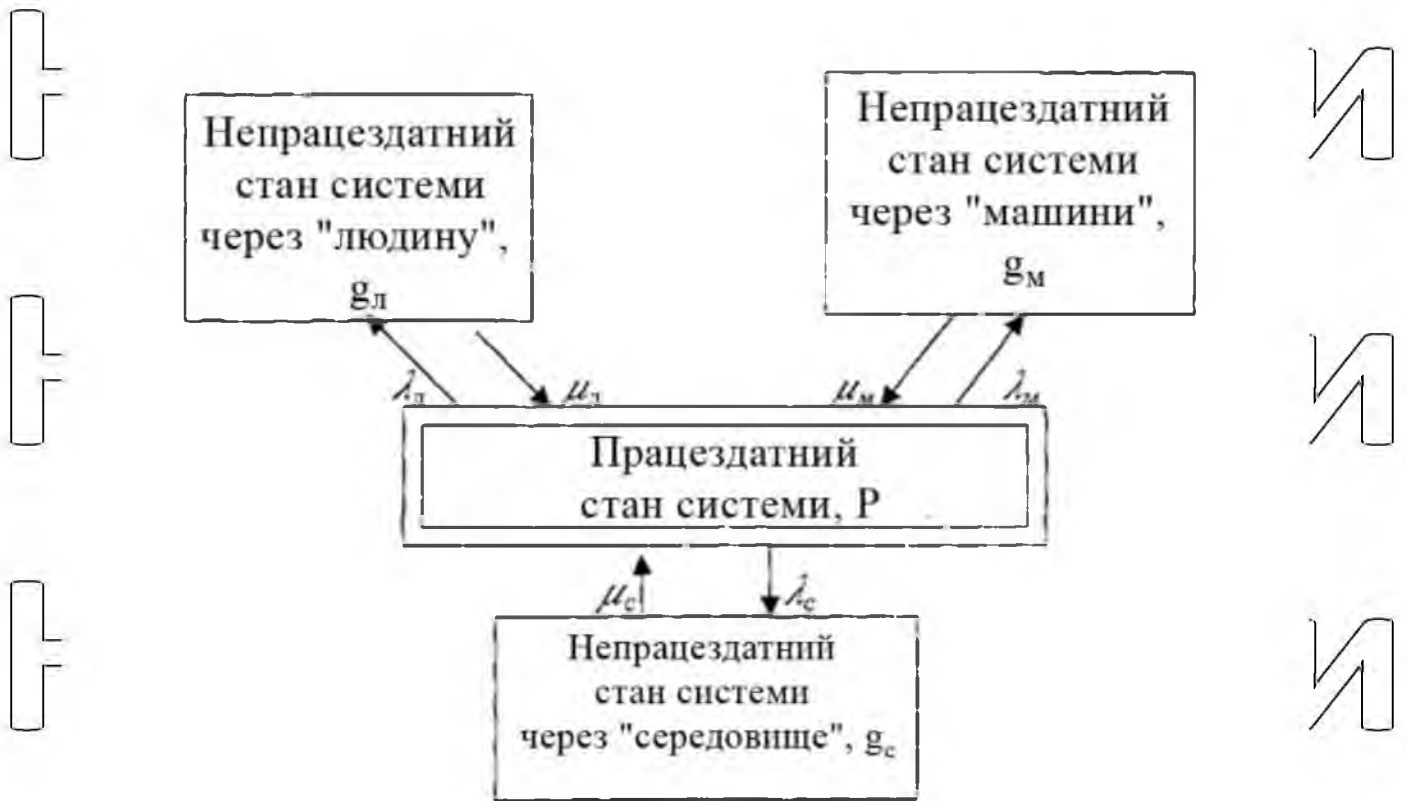
Зазначені інтенсивності визначаються за хронографами робочого дня та статистичними тестами.

Ця система диференціальних рівнянь (2.1), розв'язків (2.3), (2.4) та методичне забезпечення її реалізації є достатньо повноцінними для функціонування основної та транспортної підсистем технологічного процесу.

Для технологічних систем з об'єднаними однотипними елементами («людина» – на тракторі, техніці, агрегаті та транспорті; «машина» – трактор, причіпний комбайн, транспортний засіб, яким керує людина, «середовище» – на тракторі, сільськогосподарській техніці та транспорті) і системи без транспорту забезпечення, система диференціальних рівнянь і їх вирішення значно спрощується.



Рис. 2.5 Схема системи технологічного процесу без обслуговування транспорту з об'єднаними основними і додатковими операціями



2.6. Граф стану технологічної системи

При цьому, відповідно до ДСТУ 27.204-83, характеристики мобільної технологічної системи в рослинництві будуть такими. Багаторазового використання, реставрована, цільового призначення, придатна до експлуатації. Це система, перехід якої в катастрофічний стан не призводить до катастрофічних наслідків. Система стара і водночас зношена (стосовно елемента «автомат»), довго зберігалася, ремонтувалася непрофесійно, встановлена у показниками надійності.

Кожна підсистема складається з трьох елементів: «людина», «машина», «середовище». Загалом подібні елементи всіх підсистем відрізняються один від одного. Наприклад, при організації збирально-транспортних відряджень (комплексів), при груповому встановленні техніки опори, транспортні та допоміжні технологічні оперативні операції виконують спеціалізовані підрозділи, беруть участь різні люди та техніка.

Ланка сконшування та обмолоту (при прямому комбайнуванні нових зернових), ланка транспортної служби вивезення зерна, ланка технічної служби, яка займається підготовкою машин до початку збирання та обслуговуванням, з них безпосередньо під час роботи. У цьому випадку всі три підсистеми функціонують незалежно, утворюючи єдину загальну систему технологічного процесу, зображеного на рис. 2.1.

При організації праці, коли агрегати працюють окремо в полі, децю інакше формуються компоненти підсистем. Наприклад, компонент «Л» можна поєднати з «Л^е» у допоміжній підсистемі. Це практично і помітно. Механік, який працює на агрегаті (на відміну від групового використання), гоує його до роботи, усуває дефекти, здійснює контроль якості тощо. Він сам виконує допоміжні операції, які вписуються в загальну часову схему технологічного процесу.

Завдяки цьому допоміжну підсистему можна об'єднати з новою в одну зі спільними компонентами «Л», «М», «С». Процес буде здійснюватися послідовно в часі одними і тими ж людьми, на одному і тому самому підрозділі, в одному і тому самому середовищі. У виробничій практиці зустрічаються технологічні процеси, в яких основна, допоміжна і транспортна системи об'єднані в одну систему. Такий процес спостерігається при виробництві сільської продукції (наприклад, при збиранні картоплі) на невеликих полях із невеликими сховищами. Заповнений картоплею під час основної роботи комбайн транспортують до місця зберігання, розвантажують і знову повертають на гараж. У цьому випадку картоплезбиральна машина виконує ще й «транспортну» функцію.

Однак у переважній більшості випадків транспортна підсистема не поєднується з основною. У ньому працюють інші люди (водій), компонент «машина» являє собою транспортний засіб (автомобіль, трактор, тролейбус тощо). В якості "середовища" виступають дороги (на полі, ґрунтова, гравійна і т.д.). У цих випадках транспортна підсистема є самодостатньою зі своїми компонентами «Л^т», «М^т», «С^т». Принципово поєднання складових підсистем може бути різним і диктується цілями та завданнями дослідження.

2.2. Застосування марківських ланцюгів для фізичного моделювання технологічного сільськогосподарського процесу

Представивши технологічний процес, що здійснюється машинно-тракторним агрегатом, складною кібернетичною системою з позицій теорії ймовірності, її функціонування можна розглядати як послідовність подій, що відбуваються одна за одною у випадкові моменти часу, тобто, перебіг подій.

Наприклад, у технологічному процесі – «оранка» проглядаються такі події, які дискретно виникають у просторі часу: швидкість роботи, поворот, зупинка агрегату через техніко-технологічні несправності, організаційні - причини тощо.

Для заготівлі сіна у варіанті «подрібнення з одночасним завантаженням у транспортний засіб і вивезенням маси до місця зберігання або переробки» наступні дискретні заходи, що йдуть один за одним, включають перераховані елементи технології та відмови. В роботі з іншими компонентами системи з різних причин. У процесах збирання зерна розглядаються такі події, як скошування, поворот, холостий хід по полю, зупинка комбайна з різних причин, розвантаження зерна та транспортування його на ток тощо. Аналогічно можна відзначити виникнення дискретних подібних подій при здійсненні практично всіх технологічних процесів у сільськогосподарському виробництві.

Серед розглянутих подій можна виділити потік відмов (залишок) агрегату, які викликані елементами технологічної системи. У загальному вигляді такий потік подій можна зобразити на осі часу у вигляді послідовності точок. Найбільшого поширення набули найпростіші потоки подій, що мають певні властивості. Розглянемо ці властивості детальніше.

Стационарність - при будь-якому $t > 0$ і загальному $k > 0$ ймовірність появи тієї чи іншої кількості подій протягом інтервалу часу t залежить тільки від довжини цього інтервалу (а не від початку відліку) і не залежить від того, де саме на часовій осі розташований цей розрив. Це дозволяє через P визначити ймовірність того, що для будь-якого інтервалу часу наступить рівно k подій розглянутого потоку ($k = 0, 1, 2, \dots$). Для потоку, що володіє властивістю

стаціонарності, характеризується постійною щільністю (середня кількість подій, що відбулися в одиницю часу). Технологічний процес, який здійснюють мобільні МТА, можна розглядати як систему з потоком відмов, які виникають за причинами «людина», «машина», «середовище», «транспорт» протягом робочого дня. Властивість стаціонарності для потоку подій технологічного агропроцесу з наближенням до лі льону можна вважати прийнятною. Щільність потоку відмов приймається постійно.

Відсутність наслідків - ймовірність появи тієї чи іншої кількості подій в будь-якому інтервалі часу не залежить від кількості подій, що відбулися до початку цього інтервалу, і від того, як вони вплинули на інші, що не збігаються з даними. Таким чином, коли комбайн «відмовляє» (зупиняється) внаслідок технічної несправності (наприклад, через поломку водопровідної стрічки), технологічної (засмічення молотарки), можна однозначно очікувати, що настання кожної з цих подій не залежить від того, які саме поломки були або будуть в майбутньому, а також від їх кількості.

Звичайність - ймовірність появи двох або більше подій за малий інтервал.

Я зробив припущення, що вплив окремого потоку на підсумок невеликий, тому ми отримуємо потік, наближений до найпростішого. Завдяки графічній ілюстрації цього потоку легко переконатися у виконанні властивостей, що характеризують його як найпростіший. Отже, якщо взяти два інтервали часу, що перекриваються (t_1, t_2) і (t_k, t_{k+1}) , то можна бачити, що точки, що характеризують відмови того чи іншого потоку, виникають незалежно одна від одної і їх частота не залежить від розташування інтервалу на осі часу.

Відомо, що якщо події утворюють найпростіший потік, то розподіл ймовірностей $P_k(t)$ описується формулою Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda t} \quad (2.6)$$

де $P_k(t)$ - ймовірність настання події, що розглядається, через будь-який проміжок часу V ,

λ - інтенсивність, тобто середня кількість подій в одиницю часу.

Зафіксуємо проміжок часу і розглянемо випадкову величину

X – кількість подій найпростішого потоку, що відбуваються за цей період. Якщо визначити $\lambda = a$, то закон розподілу значень ймовірностей X можна записати:

$$P(X = k) = \frac{a^k}{k!} e^{-a} \quad (2.7)$$

де a – середня кількість скасування (подій), що відбуваються за час t у найпростішому потоці. Характеристика розподілу Пуассона така ж, як математичне сподівання і дисперсія, а $M(X) = P(X) = a$.

Важливою характеристикою найпростішого потоку є також розподіл інтервалу часу t між двома послідовними подіями після цього, тобто безвідмовність системи технологічного процесу, яка є неперервною випадковою величиною. Враховуючи властивості основного потоку та застосовуючи раніше введені позначення, встановлено, що ця випадкова величина розподілена за експоненціальним законом із щільністю ймовірності

2.3. Рівень надійності функціонування технологічної системи

Як додаткові показники функціонування технологічної системи можна запропонувати: «рівень надійності функціонування системи» (K_3); приватні коефіцієнти рівня надійності функціонування складової системи «Л-М-С»; коефіцієнти, що характеризують ступінь впливу складової «Л», «М», «С» на функціонування технологічної системи. Як

було визначено раніше, надійність функціонування (P) системи та коефіцієнт використання часу робочого дня (зміни) (τ) за абсолютною величиною рівні між собою, тобто $P = \tau$. У свою чергу, де робочий час дня ($T_{\text{дн}}$) роботи можна представити сумою основного (чистого) робочого часу (t_p) і часу всіх простояв з відповідних причин

$$T_{\text{дн}} = t_p + t_{\text{ч}} + t_{\text{м}} + t_{\text{с}} \quad (2.8)$$

Тоді $P = \frac{t_p}{t_p + t_{\text{ч}} + t_{\text{м}} + t_{\text{с}}} \quad (2.9)$
 У випадку, коли $t_{\text{ч}} = t_{\text{м}} = t_{\text{с}} = 0$ маємо максимально можливу надійність -

функціонування системи ($P=1$). В реальних умовах роботи фактична надійність

функціонування системи приймає значення менше одиниці. Зрівнюючи формулу з коефіцієнтом готовності (K_2), визначеним за ДСТУ 27:002-89, принципову схожість між ними встановити не складно. Елементи системи «Л-М-С», що знаходяться в неробочому стані з власних причин:

$$t_B = \sum_{i=ч,м,с} t_i \quad (2.10)$$

Тоді вираз запишемо у вигляді:

$$P = \frac{t_p}{t_p + t_B} = K_T \quad (2.11)$$

Для відмінності дійсної надійності функціонуючої системи від K_2 введемо термін «рівень надійності функціонуючої системи» ($K_s = P = K_T$). Рівень надійності в порівнянні з коефіцієнтом готовності функціонування розкриває

фізичний зміст цього явища з позиції системного аналізу. Коефіцієнт готовності

можна трактувати не тільки так, як він характеризується в ДСТУ, але і як готовність об'єкта до функціонування (стаціонарне його значення в початкових умовах). Насправді вона визначається після певного розвитку об'єкта.

Пропонований «рівень функціональної надійності» визначається за результатами роботи технологічної системи в будь-який момент часу, за винятком вихідного режиму.

Враховуючи, що рівень надійності функціонування технологічної системи буде залежати від роботи її компонентів (у нашому випадку «Л», «М», «С»), то для її оцінки можна ввести спец. коефіцієнти, що характеризують рівень надійності функціонування елементів системи.

$$K_i = \frac{t_p}{t_p + t_i}, \quad (i = ч, м, с), \quad (2.12)$$

РОЗДІЛ 3. КОМПОНЕНТИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ, ЇХ ФОРМАЛІЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА

3.1. Людина в технологічній системі

Розглядаючи людино-машинні системи в розділі 2, ми висвітлили головну ланку для різних технологічних систем «людина-машина-середовище». При цьому враховувалося, що для більш складних технологічних систем з транспортним обслуговуванням люди, які беруть участь у процесі (трактор + комбайн (кормозбиральний, картоплюзбиральний) + водій транспортного засобу та ін.), об'єднуються в один елемент «людина». Подібним чином формуються інші елементи – «машина» і «середовище». Але при здійсненні технологічного процесу кожен окремо взятий учасник (в підрозділі) в системі виконує свої функції, а при його виході з ладу вся система «Л-М-С» переходить у неробочий стан. Це добре видно на малюнку. 3.1:

$$P_{ч} = \frac{\lambda_{ч}}{1 + \frac{\lambda_{ч}}{\mu_{ч}} + \frac{\lambda_{ч}}{\mu_{2}} + \frac{\lambda_{ч}}{\mu_{1}} + \dots} \quad (3.1)$$

де $\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_{чi}}{\mu_{чi}}$ - сумарна приведена щільність потоку відмови всіх людей, які задіяні в процесі.

3.2. Фактори, що визначають рівень професійної підготовленості

механізатора

Як зазначалося вище, «людина» є найважливішою складовою технологічної системи. З точки зору медичних, психофізіологічних концепцій, людина характеризується як «відчуваюча», «сприймаюча», «мисляча», «переживаюча», «діюча». У теорії психічних процесів пояснюються такі притаманні людині властивості, як пам'ять, уява, увага, сприйняття та ін. Формалізувати всі дії людини абсолютно неможливо.

Проте за деякими особливостями його професійних дій (керівництво агрегатом, контроль за його роботою, прийняття відповідних рішень, контроль

за якістю і своєчасністю проведення польових робіт у найкращі агротехнічні терміни) можна оцінити вплив останнього на функціонування технологічної системи. Специфіка роботи механізатора різна і напружена. Кількісна оцінка його кваліфікації багатогранна і досить складна. Однак він вкрай необхідний для аналізу технологічних систем людина-машина.

Для практичних цілей можна успішно використовувати методику оцінки рівня професійного потенціалу механіка (ППМ), розроблену проф. Храмцовим Н.В. Дана методика дозволяє оцінити рівень професійного потенціалу механіка, який має певний досвід і навички практичної роботи. Для оцінки рівня професійної майстерності недосвідчених механіків розроблено ще один відмінний метод. Вивчаючи навчальні плани і програми, кваліфікаційні характеристики трактористів-машиністів, нами пропонується програма. На підставі документів про освіту можна виділити основні загальні та приватні оціночні показники.

Кожен з них характеризується якісною оцінкою, яку необхідно перевести в кількісну.

Використовуючи метод експертних оцінок, визначають професійність підготовки по наступним формулам:

$$y_i = \frac{\sum M_{jki}}{\sum M_{jkt}} \quad y_{\text{пм}} = \frac{\sum_{j=1}^5 y_j \cdot \zeta_j}{\sum_{j=1}^5 \zeta_j} \quad (3.2)$$

де y_i – загальний показник;

індекси при M :

j - номер розряду загального показника;

k - кількість приватного фактора;

i - порядковий номер;

ζ - оцінка експерта j -го відокремленого фактора;

2ζ - сума максимальних балів загального рівня професійної підготовки слюсаря.

Таким чином, використовуючи описані методи оцінки рівня професійної майстерності досвідчених і початківців механізаторів, можна практично проаналізувати всі людино-машинні сільськогосподарські мобільні системи.

3.3. Вплив компонентів "людина" на продуктивність агрегату та надійність функціонування технологічної системи

Використовуючи відомі формули для визначення продуктивності МТА та враховуючи, що $T = P$, можна записати її для технологічного процесу без транспорту та допоміжного обслуговування (грунтообробника, культиватора, плуга тощо):

$$W_{cm} = CB_p V_p T_{cm} \tau_{cm} = \frac{CB_p V_p T_{cm}}{1 + \sum_{i=1}^{n,c} \frac{\lambda_i}{\mu_i}} = \frac{W_p T_{cm}}{1 + \psi} \quad (3.3)$$

де W_p - годинна продуктивність МТА, ψ - сумарна приведена ділянка потіску відмов системи.

Як видно з (3.4), зв'язок між продуктивністю і параметрами надійності функціонування системи проглядається досить добре.

З досвіду роботи та літературних джерел можна посередньо стверджувати, що інтенсивність виникнення функціональних збоїв відновлення працездатності технологічної системи за причинами «людей», «машин», «середовища» буде залежати від рівня професійної підготовки механізаторів, їх ставлення до праці.

Чим вищий професійний рівень підготовки менша інтенсивність відмов за причиною «людина» λ_q і більша інтенсивність відновлення працездатності системи, тобто:

$$\alpha_q = \frac{\lambda_q}{\mu_q} = KU_{pm}, \quad (3.4)$$

де K - коефіцієнт пропорційності,
 U_{pm} - рівень професійної майстерності слюсаря, визначений за формулою (3.3).

З урахуванням (3.5) для досліджуваних варіантів технологічних систем вираз виробника навантаження можна записати:

$$W_{цн} = \frac{W_q T_{цн}}{1 + KU_{pm} + \alpha_m + \alpha_c} \quad (3.5)$$

Для випадків функціонування підсистеми «транспорт», поєднаної з компонентом загальної системи, матимемо:

$$W_{\text{ДН}} = \frac{W_{\text{ч}} T_{\text{ДН}}}{1 + K U_{\text{ПМ}} + \sum_{i=\text{М}}^{\text{С,Т}} \alpha_i} \quad (3.6)$$

При функціонуванні самостійної підсистеми «транспорт» в загальній системі ми отримаємо:

$$W_{\text{ДН}} = \frac{W_{\text{ч}} T_{\text{ДН}}}{1 + K U_{\text{ПМ}} + K^{\text{T}} U_{\text{ПМ}}^{\text{T}} + \alpha_{\text{М}} + \alpha_{\text{С}} + \alpha_{\text{М}}^{\text{T}} + \alpha_{\text{С}}^{\text{T}}} \quad (3.7)$$

Коли всі три підсистеми функціонують, добова продуктивність буде виражена наступним чином:

$$W_{\text{ДН}} = \frac{W_{\text{ч}} T_{\text{ДН}}}{1 + K U_{\text{ПМ}} + K^{\text{T}} U_{\text{ПМ}}^{\text{T}} + K^{\text{ВУ}} U_{\text{ПМ}}^{\text{ВУ}} + K^{\text{ВУ}} U_{\text{ПМ}}^{\text{В}} + \alpha_{\text{М}} + \alpha_{\text{С}} + \alpha_{\text{М}}^{\text{T}} + \alpha_{\text{С}}^{\text{T}} + \alpha_{\text{М}}^{\text{В}} + \alpha_{\text{С}}^{\text{В}}} \quad (3.8)$$

Формула узагальнюється для функціонування технологічної системи, що складається з основної, транспортної та допоміжної підсистем.

Для технологічних процесів, у яких відсутні допоміжні підсистеми, формула (3.9) спрощується до (3.8), а за відсутності допоміжних і транспортних підсистем виходить варіант (3.7). Аналізуючи формулу (3.9), можна зробити висновок, що продуктивність МТА буде залежати від рівня професійної майстерності всіх людей, які беруть участь у технологічному процесі. Введемо позначення:

$$K U_{\text{ПМ}} + K^{\text{T}} U_{\text{ПМ}}^{\text{T}} + K^{\text{ВУ}} U_{\text{ПМ}}^{\text{ВУ}} = K^{\text{КУ}} U_{\text{ПМ}}^{\text{КУ}} \quad (3.9)$$

де $K^{\text{КУ}}$ - коефіцієнт пропорційності для колективного рівня про K

Професійні навички; U - середній професійний рівень кваліфікація

людей, які беруть участь у технологічному процесі. Ми будемо мати:

$$W_{\text{ДН}} = \frac{W_{\text{ч}} T_{\text{ДН}}}{1 + K^{\text{КУ}} U_{\text{ПМ}}^{\text{КУ}} + \alpha_{\text{М}} + \alpha_{\text{С}} + \alpha_{\text{М}}^{\text{T}} + \alpha_{\text{С}}^{\text{T}} + \alpha_{\text{М}}^{\text{В}} + \alpha_{\text{С}}^{\text{В}}} \quad (3.10)$$

Формула (3.11) передбачає різний рівень підготовленості механізаторів, зайнятих у технологічному процесі.

3.4. Вплив стомлюваності механізатора на надійність функціонування технологічної системи та пошуки можливої її оцінки за непрямыми показниками

Відомо, що при проведенні технологічних оперативних процесів, механізатор виснажується. Причин тому багато: вібрація машини, шум у кабіні трактора, комбайна, напруга зорових і похічних відчуттів як слабості та багато іншого. Втома також залежить від таких факторів, як вік, стаж і досвід роботи тощо. Визначення виснажливого механізатора, пов'язано з великими труднощами проведення експерименту, необхідністю дорогого обладнання і заняттям механізатора в дослідях. Крім того, саме поняття «втома» досі не має конкретної та кількісної оцінки.

У зв'язку з цим необхідні теоретичні та практичні дослідження для виявлення варіантів визначення непрямих показників, що характеризують втому. Враховуючи, що втома людини є медичною категорією, її формалізація є дуже складним процесом і практично неможливим. Для цього одних технічних знань явно недостатньо. Тому ми обмежимося оцінкою втоми механізму за деякими непрямыми дуже приблизними оцінками, наведеними нижче.

Наприклад, у судженнях про втому, на нашу думку, можна використовувати такі показники: енергоємність живої праці, ефективність роботи агрегату, керованого механіком, продуктивність праці та швидкість її наростання, якість, сповільненість реакцій на управлінські впливи, продуктивність праці, ефективність технологічного процесу, ступінь його нерівномірності, витікання, зміна поточної продуктивності протягом робочого дня, збільшення помилок дій тощо.

Розглянемо деякі із зазначених показників, щоб використовувати їх для приблизного судження про втому.

Енергоємність живої праці

У першому наближенні можна вважати, що втомна механізму пропорційна витратам його енергії на виконання технологічних операцій, які складатимуться з елементарних витрат протягом робочого дня. Розглянемо схематично споживання енергії на основі схеми моделі продуктивності, наведеної на рис.

3.5.

Сумарні енергозатрати механізатора за весь робочий день будуть показані наступним чином:

$$E = E_{\text{пдг}} + E_{\text{Тр}} + E_{\text{зкл}} \quad (3.11)$$

Поточна продуктивність

Аналіз формування добової фактичної продуктивності агрегату дозволяє зробити припущення, що за рахунок підвищення втомленого моста і машини поточна продуктивність може знизитися. Це припущення можна перевірити експериментально, спостерігаючи за функціонуванням системи людина-

машина. Відповідно до (3.4) і (3.6) для визначення впливу тривалості робочого дня, а отже, і втомна механіка на продуктивність МТА необхідно показати наступні залежності (за наявності будь-які): $a = \Delta T_{\text{дн}}$, $B = (T_{\text{дн}})$, і тоді судять про поточну продуктивність $O = (T_{\text{н}})$. Якщо «а» зростає зі збільшенням $T_{\text{дн}}$, а «б» -

зменшується, то можна говорити про те, що втомна здатність присутня і впливає на продуктивність агрегату.

Інтенсивність зміни поточної продуктивності

Важливою характеристикою втомна механізатора можна вважати інтенсивність зміни динаміки поточної продуктивності праці протягом робочого дня. Це можна виразити двома способами:

$$tg\alpha_{\omega 1i} = \frac{\omega_i}{t_{pi}} \text{ і } tg\alpha_{\omega 2i} = \frac{\omega_i}{T_{\text{дн}}} \quad (3.12)$$

У першому випадку співвідношення $\frac{\omega_i}{t_{pi}}$ характеризує темп зростання

середньої поточної продуктивності за кожний робочий прогін. Щоб виявити вплив втомна на роботу системи, необхідно за цим непрямим методом визначити залежність $tg\alpha_{\omega} = f(T_{\text{дн}})$. Якщо $tg\alpha_{\omega}$ буде зниження, то це свідчить про наявність втомна та її вплив на продуктивність системи. Іншими словами, задача зводиться до знаходження швидкості і прискорення зміни кута.

Стабільність технологічного процесу
Суттєвим непрямым оціночним показником втoми слід вважати ступінь стійкості до змін поточної продуктивності протягом робочого дня:

$$\theta_{\omega_i} = \frac{\omega_i - \omega_{icp}}{\omega_{icp}} \quad (3.13)$$

Цей індикатор вказує на коливання значень поточної продуктивності від середнього значення оператора. Іншими словами, θ_{ω_i} характеризує стійкість і стабільність технологічного процесу.

Якщо спостерігаються значні відхилення, процес нестабільний. Однією з причин може бути втoма механіка і підвищення через цю помилку дії, що призводять до дестабілізації процесу.

Ступінь нерівномірності технологічного процесу характеризується характерним ступенем нерівномірності технологічного процесу, можна прийняти таке значення:

$$\theta_{\omega_i}^y = \frac{\omega_i^{max} - \omega_i^{min}}{\omega_{icp}} \quad (3.14)$$

З якого спостерігається діапазон коливань показників струму між його максимальним і мінімальним значеннями. Однак слід зазначити, що це - точна оцінка і вона не дає характеристики динаміки зміни CO₂- в часах від T_n.

Таким чином, ми отримали стан, при якому під час робочого ходу агрегату дотримується «рівна даній» технологічна операція, яку можна охарактеризувати як його «стійкість» (оптимальне поєднання ширини захвату і швидкості руху агрегату). Про можливу втoму буде свідчити порушення стабільності протікання процесу. Аналізуючи можливі оцінки втoми механіка за непрямыми показниками та її вплив на технологічний процес, можна зазначити, що всі вони заслуговують на увагу, подальше вивчення та експериментальну перевірку.

РОЗДІЛ 4. МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛЮДИНО-МАШИНИХ СИСТЕМ

НУБІП України

4.1. Методи експериментальних досліджень

Існує досить великий набір методів і способів дослідження людино-машинних систем. Їх вибір залежить від цілей і завдань дослідження. Дане дослідження присвячено визначенню надійності функціонування технологічного процесу, фіксації відмов і тривалості їх усунення як в системі в цілому, так і в її елементах. Найбільш прийнятним методом дослідження був метод хронометричних спостережень. Цей метод широко відомий і є одним з основних при дослідженні надійності технічних виробів, різних технологій, нових і другорядних (допоміжних) операцій. Використовується для виявлення внутрішньогосподарських резервів, розробки прогресивних методів роботи, порівняльної оцінки застосовуваних механізмів, пристроїв і машин, шляхів підвищення продуктивності МТП, складання норм виробітку, витрати палива тощо.

НУБІП України

Застосування цього методу з аналізом елементів витраченого часу, на наш погляд, дозволяє суттєво наблизитися до вирішення проблеми визначення ступеня впливу елементів технологічної системи на надійність її функціонування, оскільки а також виявляти і порівнювати показники його складових компонентів («людина», «машина», «середовище»). Крім того, слід зазначити, що метод покадрових спостережень за функціонуванням технологічних систем та їх складових досить простий і не потребує значних матеріальних витрат, що є актуальним у поточному періоді.

НУБІП України

Важливою обставиною є те, що хронографію елементів часу можна здійснювати за циклічними операціями технологічного процесу. Цей варіант хронографії робочого дня широко використовується на станціях машино-випробування та стандартизації. Окремі елементи циклу враховують за окремими вимірами та їх загальною кількістю. Метод комплексного поєднання хронографії і хронометрії забезпечує економію трудових витрат при проведенні спостережень. Даний метод представляє певний практичний інтерес для даного

НУБІП України

НУБІП України

дослідження, а з використанням комп'ютера для обробки даних хронометражу цінність описаних методів значно підвищується, а можливості їх застосування розширюються.

Ще одним дуже важливим, на наш погляд, методом системного дослідження є метод експертних оцінок. Він застосовний для вивчення явищ, процесів і подій, на які впливає велика кількість факторів, деякі з яких не мають кількісної оцінки. Так, наприклад, при вивченні компонента технологічної системи «людина» в якості узагальнених оціночних показників використовуються:

кваліфікація виконавця, дисциплінованість праці, ставлення до техніки і виконання технологічної операції, тощо. У свою чергу вони характеризуються такими показниками (назвемо їх приватними), як класність, освіта, досвід роботи, знання техніки і технології, вміння якісно працювати тощо.

Усі фактичні та узагальнені показники кількісно не оцінюються. Тому ці якісні оцінки доцільно перевести в кількісні, а потім визначити комплексний кількісний показник і за ним судити про те чи інше явище, процес. Таким чином, компонент «людина» може слугувати рівнем професійної майстерності з комплексним оціночним показником.

Для прогностичного комплексного кількісного оцінювання показника вдаються до допомоги експертів, які оцінюють приватні та узагальнені показники в балах (рангах). Методика експертних оцінок для оцінки підрахунків надає цілий ряд математичних обґрунтувань, наприклад, таких як кількість експертів, критичне значення коефіцієнта конкордації (узгодженості), середня загальна думка експертів та інші. Метод експертних оцінок і провід переводу якісних часток територій в уживанні явища в континентальній багаточисельній літературі.

Аналіз робіт щодо застосовності методу експертних оцінок показує, що він може бути успішно використаний для вирішення задач визначення впливу компонентів системи «Л-М-С» на надійність її функціонування. Така практика відома, наприклад, у розробці систем автоматизації.

Окрім використання зазначених методів (хронометричних спостережень та експертних оцінок), ми застосовували елементи теорії випадкових процесів, ймовірностей, математичної статистики, масового обслуговування тощо.

4.2. Технологічні процеси, агрегати, умови та місце проведення хронометражних спостережень

Експериментальна перевірка розроблених теоретичних положень і моделей була проведена на наступних технологічних процесах.

1. Оранка: К-700(К-700А) + ПН-8-35; К-701+ПТК-9-35; Т-4А + ПП-6-35; ДТ-75М+П-5-35; ДТ-75М+ПН-4-35; Т-74-ПН-4-35.

2. Збір зернових культур першим комбайнуванням: «Домінатор» (MEGA-204) (Німеччина); «Сампо-500» (Фінляндія); "FORTSCHRITT" (Німеччина).

3. Збір картоплі: ККУ-2А; КПК-2; КГЖ-3; АВВ-220В (за голландською технологією).

4. Збирання кормових культур: заготівля сіна подрібнювальним комбайном КСК-100 і транспортування подрібненої маси до місця зберігання;

скошування трави шліфувальною машиною Е-282, завантаження її в транспортний засіб та транспортування маси до місця зберігання; скошування

трави з площенням і формуванням валків косаркою-опушувачем Е-303; гребіння і вороніння сіна агрегатом МТЗ-80+ГВР-6Б; підбирання валків з

подрібненням, завантаження їх у транспортний засіб комбайном Е-281 та транспортування маси до місця зберігання. За період експериментальних

досліджень з 2010 по 2020 рр. Проведено 165 покадрових спостережень за орними роботами, 134 за процесом збирання врожаю зернових, 37 за збиранням

картоплі, 169 за заготівлею кормів, з них 66 хронометражних карт, в тому числі скошування трави комбайном КСК-100 з подрібнюванням і завантаженням в

транспортний засіб.

Хронокарти на інші види збиральних робіт були прийняті на ОПХ «Миронівське». Частина з них отримана при хронометражі одного й того самого агрегату (Е-303, МТЗ-80+ГВР-6Б та Е-282) протягом двох сезонів

збирання врожаю. Метою таких спостережень було вивчення стабільності перебігу відповідних технологічних операцій та їх параметрів, забезпечення рівномірності протікання технологічного процесу. У результаті таких спостережень було зібрано статистичний матеріал за досліджуваними параметрами процесу, що дозволило виявити зв'язок між досліджуваними показниками надійності функціонування системи та виробничою моделлю БМСА, встановити закономірності розподілу та отримати відповідні оцінки.

Для трьох одиниць Е-281 було взято 43 хронокарти (16; 16; 11 хронокарт).

При цьому рівномірність їх роботи приблизно забезпечувалася одним типовим полем, розташованим поруч, з однаковою врожайністю однієї й тієї ж культури.

Метою дослідження продуктивності даної групи комбайнів було виявлення діапазону зміни параметрів надійності процесу та показників моделі формування добової фактичної продуктивності БМСА для заданих умов експерименту. У всіх випадках перевірялася стабільність лінійного характеру зміни поточних характеристик агрегатів.

Вивчали природньо-кліматичні умови в місцях проведення робіт, складали плани полів, розкривали організацію та управління технологічним процесом.

Усі дані про агрегат, механіка, місце і час роботи, її вид, назву культури, що обробляється, характеристику ділянки тощо заносили в хронограф і журнал згідно з порожнім листом спостереження.

Спостереження проводили згідно з ДСТУ 28722-90, ДСТУ 26026, ДСТУ 20915 та ін. регламентувати методи випробування сільськогосподарських машин. У журналі були записи про наші тести:

- 1) метеорологічні (температура повітря, $^{\circ}\text{C}$, відносна вологість, %, опади, швидкість вітру, м/с);
- 2) характеристика поля (рельєф, мікрорельєф, конфігурація поля, тощо);
- 3) характеристики ґрунту (складність, вологість, щільність, твердість);
- 4) характеристика оброблюваного матеріалу (вологість);
- 5) характеристики зібраного врожаю (висота рослин, фаза розвитку, продуктивність, вологість).

У процесі випробувань були визначені функціональні показники агрегату: робоча швидкість (км/год); фактична ширина захвату (м); втрата фіксувалися всі елементи часу (початок і кінець робочого дня, всі можливі ціни), оброблена площа, функціональні збої технологічного процесу та інші показники, необхідні для розрахунку оперативних показників за перевіреними моделями.

При проведенні покадрових спостережень вплив погодних умов на надійність функціонування технологічної системи (як «середній» фактор) досліджували лише на орних агрегатах із трактором ДТ-75М. За іншими технологічними процесами спостереження проводилися за гарної погоди.

Орний агрегат склався з трактора ДТ-75М + П-5-3 5. Оранку проводили в суху без боронування швидкохідними та звичайними органами. Склад агрегату склав механік.

Таких хронокарт було 129. Крім того, опрацьовано 36 хронокарток оранки та перегонів тракторами К-700, К-700А, К-701, Т-4А і Т-74, отриманих під час роботи в господарствах та ряду фермерських господарств. Всього в польових роботах отримано та оброблено 165 спостережень. Аналогічно було розраховано кількість необхідних покадрових спостережень для процесів збирання фуражного зерна.

Для аналізу елементів системи «Л-М-С» за вихідний матеріал взято статистичний матеріал, отриманий за результатами обробки робочих змін хронографа агрегатів, що працюють безпосередньо в полі при виконанні відповідних технологічних процесів.

Основним матеріалом для розгляду є лист спостереження, де вказується вид роботи, домогосподарство, бригада (відділення), дата спостереження, ППБ, машина та дані про неї, склад агрегату, характеристика умов праці, організація робочого місця, схема оброблюваної ділянки та її характеристика, елементи робочого процесу в порядку його виконання, поточний час, швидкість (передавання) рух і результативні дані (фактична продуктивність, елементарні витрати часу протягом зміни, середня робоча ширина захоплення і т.д.).

4.3. Відмови технологічної системи та їх розподіл за компонентами

Враховуючи, що на роботу установки впливає велика кількість факторів, хронометражні спостереження та обробка їх результатів мають деякі особливості, на відміну від загальноприйнятих.

Враховуючи, що надійність функціонування технологічної системи є випадковою, хронометражні спостереження з визначенням ймовірностей безвідмовної роботи та відмов, інтенсивності їх виникнення та відновлення працездатності системи з урахуванням усіх впливів факторів, можна проводити аналогічно спостереженням за надійністю згідно з ГОСТ. При цьому баланс змінного часу буде представлений у вигляді:

$$T_{\text{дн}} = t_{\text{м-с}} + t_{\text{на}} + t_{\text{пн}} + t_x + t_m + t_y + t_{\text{пм}} + t_{\text{п}} + t_{\text{орг}} + t_{\text{мту}} + t_{\text{ф}} + t_{\text{к}} +$$

t_p

(4.1)

де стан балансу – відносно тривалості: $t_{\text{м-с}}$ – перебування механізатора від місця відпочинку до стоянки агрегата; $t_{\text{на}}$ і $t_{\text{пн}}$ – підготовка агрегату та полів до роботи; t_x – холостих ходів; тобто $t_{\text{пм}}$ – технологічне та технічне – обслуговування; $t_{\text{п}}$ і $t_{\text{пн}}$ – усунення технологічних і технічних недоліків; $t_{\text{орг}}$ – простоїв по товариству; $t_{\text{мту}}$ – метеорологічний і t_p – фізіологічні причини; $t_{\text{к}}$ – контроль якості роботи установки тощо – чиста робота (час безвідмовної роботи установки). Усі непродуктивні елементи часу приймаються як функціональні збої з відповідною інтенсивністю їх виникнення та відновлення працездатності системи. Тривалість простою системи з будь-якої причини буде характеристикою інтенсивності появи відмов і визначатиметься за даними часових спостережень. Наприклад, ця тема деякий час не працювала через технічний ремонт і почала працювати після його завершення.

Тривалість цього простою і буде іншою "умовним відновленням" робочого стану агрегату. Якщо в технологічне обслуговування входить, наприклад, розвантаження комбайна в транспортний засіб, то такий збій системи буде через «транспорт».

Системні збої пов'язані з:

«людина» відмови (простої дії), коли оператор не керує агрегатом, наприклад, при підготовці його до роботи, з організаційних причин, фізіологічних потреб, при контролі якості роботи тощо;

"автомат" - час простою на технічне та технічне обслуговування, при усуненні техніко-технологічних несправностей;

«середовище» (погода) - простій агрегату після опадів, коли агрегат не може працювати (виконувати технологічну операцію) через стан ґрунту, матеріалу, що обробляється. У разі таких збоїв, після опадів, установка не працює до кінця робочого дня.

4.4. Методика розрахунку інтенсивності відновлення працездатності –

технологічної системи від «середовища»

Аналіз хронокарт показує, що, як правило, після опадів (у вигляді дощу, снігу) агрегат не працює, механік автомобіля поспішає на стоянку, займається обслуговуванням. Для розрахунку інтенсивності відновлення необхідно знати тривалість простою (відмови) агрегату з цієї причини. Можливо, існує кілька варіантів його визначень.

1. Агрегат зупиняється на решту зміни і, якщо ґрунт сухий, продовжує працювати наступного дня вранці, як зазвичай.

2. Якщо ґрунт не просох, агрегат виходить у поле наступного дня значно пізніше, ніж готовий ґрунт або не працює в цей день.

3. Якщо опади незначні і ґрунт дозволяє, агрегат продовжує працювати без перебоїв. У цьому випадку вони прийняли умову, що компоненти «середовища» відсутні через причину несправності досліджуваної схеми.

З трьох представлених варіантів ми досліджували перший. При цьому час простою визначався за формулою за причиною «середовище». Потенційну (умовну) тривалість зміни знаходили з умови тривалості та роботи даного підрозділу для виконання завдань фактичної норми застосовується формула.

$$T_{\text{см}}^{\text{пс}} = t_o^{\phi} + \frac{W_{\text{см}}^{\text{н}} - W_o^{\phi}}{W_o^{\phi}} \cdot t_o^{\phi} = \frac{W_{\text{см}}^{\text{н}}}{W_o^{\phi}} \cdot t_o^{\phi} \quad (4.2)$$

Фактичне відпрацьоване час і фактично продуктивне знаходяться по даним хронометражним спостереженням. У разі негативного значення $t_{\mu}^{\text{мту}}$

система не буде скасована через погодні умови «оточення». Якщо випадання

опадів сталося вже після виконання норми вироблення, то $t_{\mu}^{\text{мту}} = 0$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

5.1 Статистична оцінка часових характеристик

Відповідно до програми та методики даного дослідження тривалість робочого дня відраховували від початку руху (доставки) машини до місця - стоянки техніки до вивезення комбайна на стоянку після роботи. (кінець робочого дня). Результати обробки статистичних рядів основних часових характеристик наведені в Додаток А.

Робочий день механізатора (комбайнера) починається переважно з 8.8...9.0 ранку і закінчується о 20.8...21.0 годині вечора. Більшість механіків починають працювати на 8,5...9,0 (65%), і лише 22% починають працювати на 8,0-8,5. Закінчують роботу в 20,0...22,0 47% механіків, а 22,0...24,0 - 35%. Мінімальний і максимальний терміни початку і закінчення робочого дня за даними спостережень за часом становили відповідно:

.10.3 та 12.8...03.1 год. наступного дня. Діапазон часу початку та закінчення роботи визначено як 2,7 та 14,2 години відповідно.

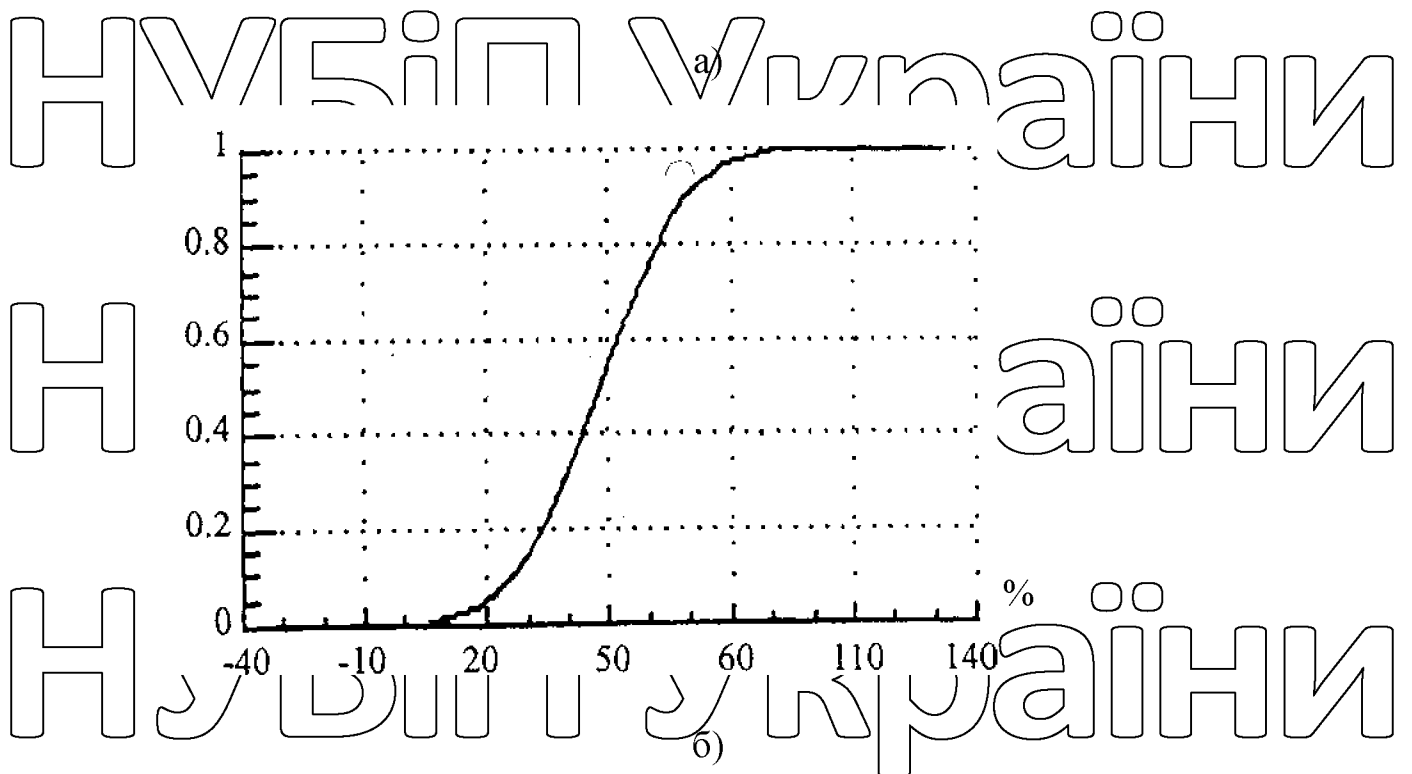
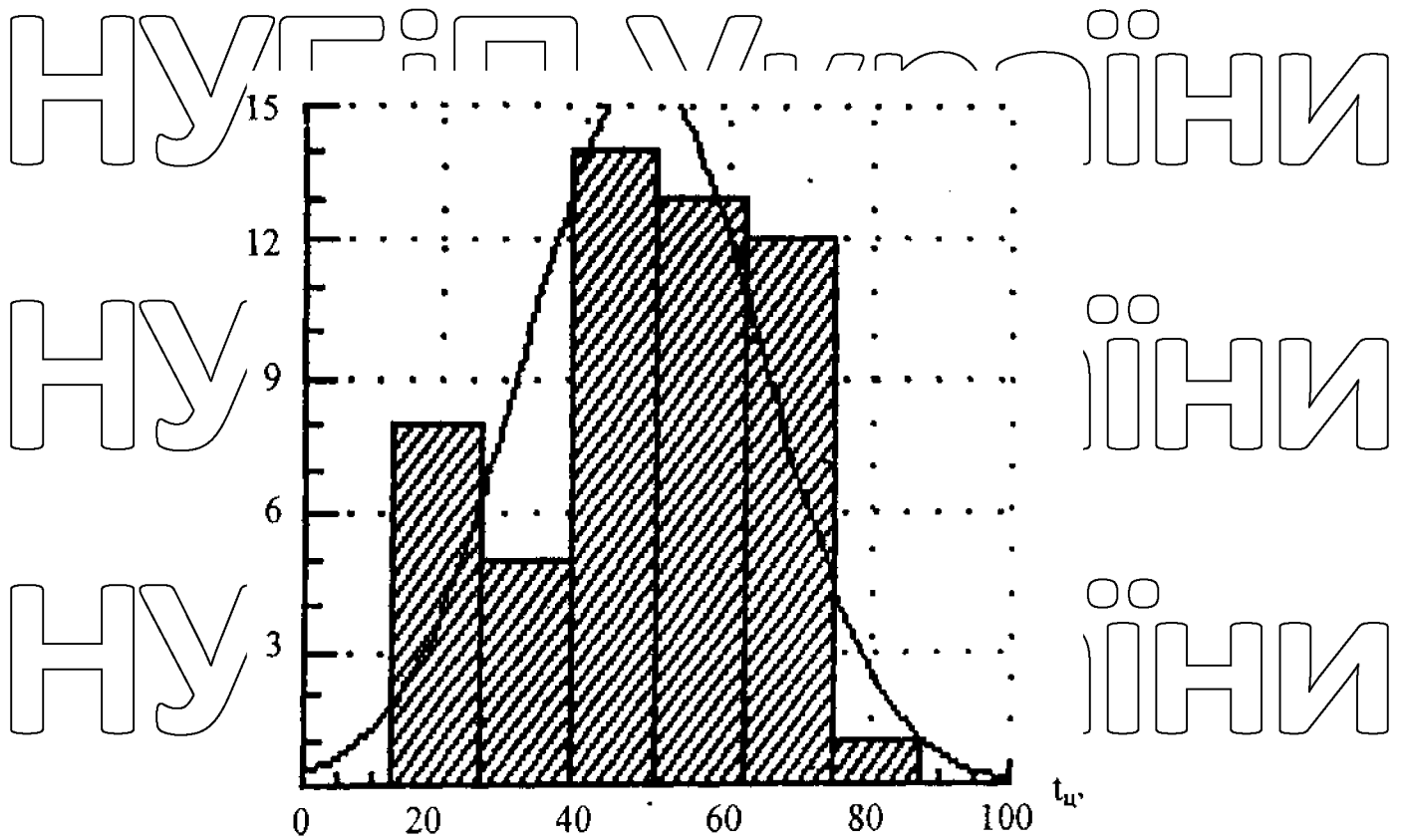
Перший робочий хід в медіані всередньому 11.1, останній робочий хід закінчується 20.3 год. Часові межі початку робочого циклу становили 9,6...12,4 (діапазон зміни - 2,8 год), а кінця останнього робочого циклу - 12.3...02.4 години наступного дня (14.1 год). У 65% випадків перший робочий сеанс починається о 11,0... 11,5, в 48% - закінчується о 20,0...22,0 год. Менше випадків (32,5%) - в 22,0...24,0

Основна характеристика елементів робочого дня при збиранні зернових прямим способом

НУБІП України

Характеристики	Середній значення	Стандартне відхилення	Стандартна помилка	Дисперсія	Мінімум	Максимум
Початок робочого дня	8,899	0,582	0,05	0,339	7,579	10,317
Час для підготовки	2,150	0,453	0,05	0,205	0,733	3,471
Початок першого робочого періоду	11,053	0,579	0,05	0,335	9,632	12,370
Кінець останнього робочого періоду	20,328	2,837	0,245	8,047	12,322	26,394
Тривалість роботи від початку першого до кінця останнього робочого періоду, T_p	9,506	2,044	0,468	4,178	3,866	16,166
Заклучний час	0,598	0,150	0,039	0,023	0,215	1,144
Кінець робочого дня	20,871	2,826	0,244	7,984	12,838	27,077
Тривалість робочого дня	12,039	2,490	0,285	6,200	4,120	19,498
Коефіцієнт змінності	1,722	0,370	0,041	0,137	0,588	2,785
Коефіцієнт змінності	1,226	0,293	0,029	0,086	0,684	2,510
Основний робочий час	4,093	1,420	0,134	2,002	1,075	9,618
Коефіцієнт використання часу робочого дня	0,340	0,080	0,015	0,080	0,135	0,664
Тривалість циклового часу	47,864	10,400	2,313	108,160	20,000	82,480
Середня тривалість одного циклу, %	10,769	3,000	0,430	9,000	2,91	20,955

НУБІП України



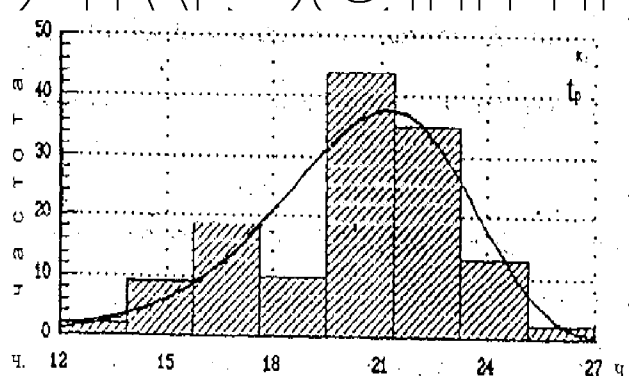
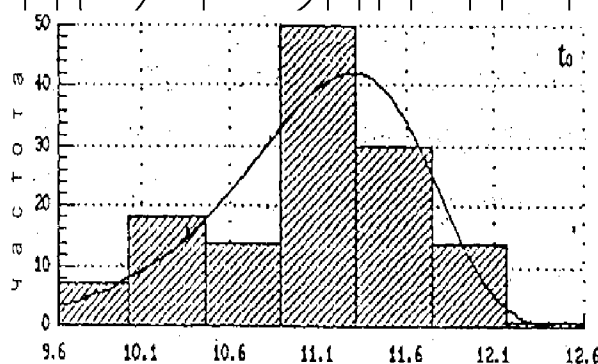
Частотна гістограма, закон розподілу (а) та ймовірність сумарної

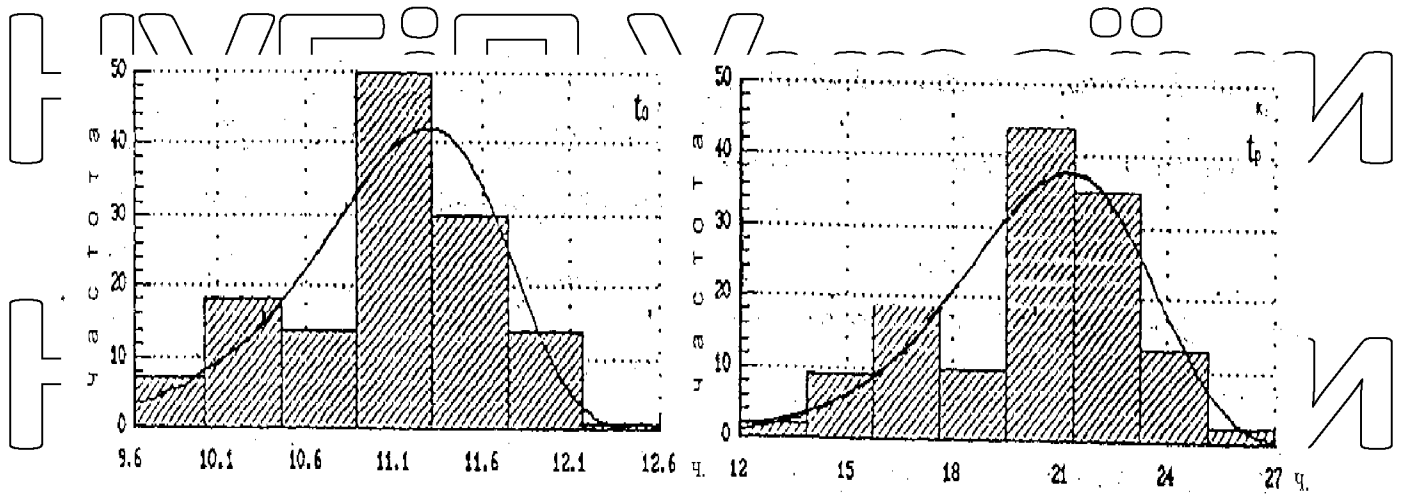
щільності (б) часового циклу за робочий день (параметри нормального розподілу: $\chi^2=2,817$, $U_3=0,48$)

Пошуки розподілу часових характеристик - $T_{\text{дн}}^{\text{н}}$, $T_{\text{дн}}^{\text{к}}$, t_0 , $t_{\text{п}}^{\text{к}}$ показують, що серед кількості перевірених законів (нормального, логарифмічного або малого, експоненціального, Вейбулла, гамма- і бета-розподілу) за умови варіювання кількості класів і ступенів свободи жоден не задовольняє заданому рівню значущості та критерію згоди Пірсона χ^2 . Судячи з характеру гістограм, зображених на малюнку, початок робочого дня ($T_{\text{дн}}^{\text{н}}$) зміщено із середини його значення вправо (на більш пізній початок). Ліва гілка кривої свідчить про більш інтенсивне зростання цього показника. Аналогічна картина спостерігається і при показниках t_0 , $t_{\text{п}}^{\text{к}}$.

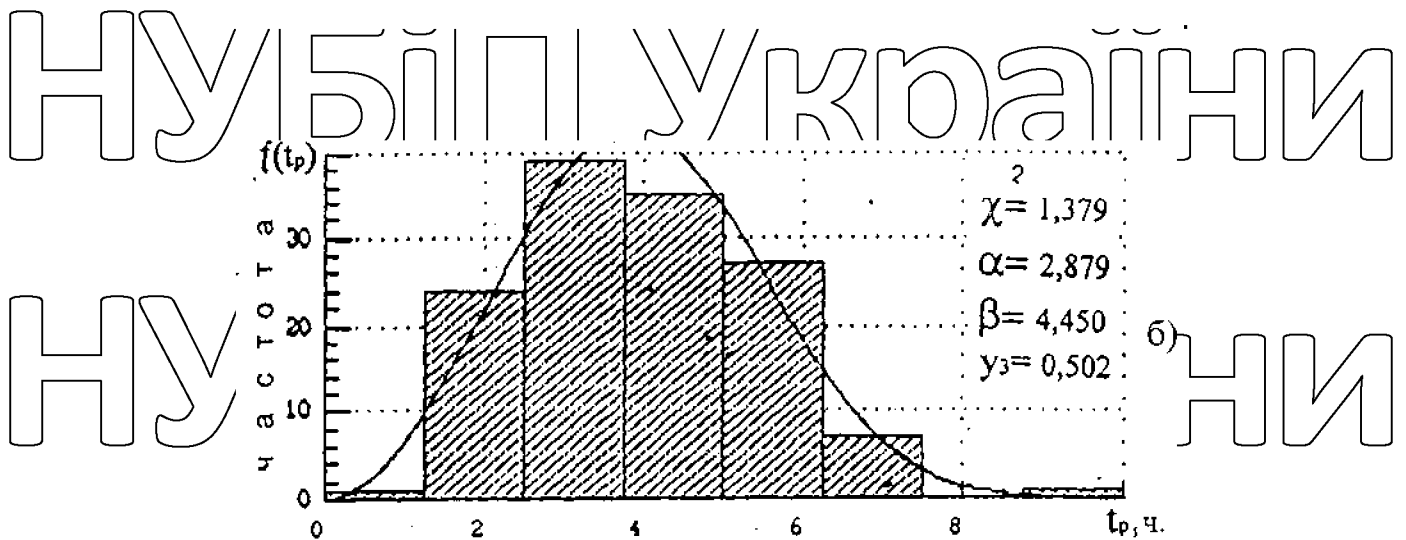
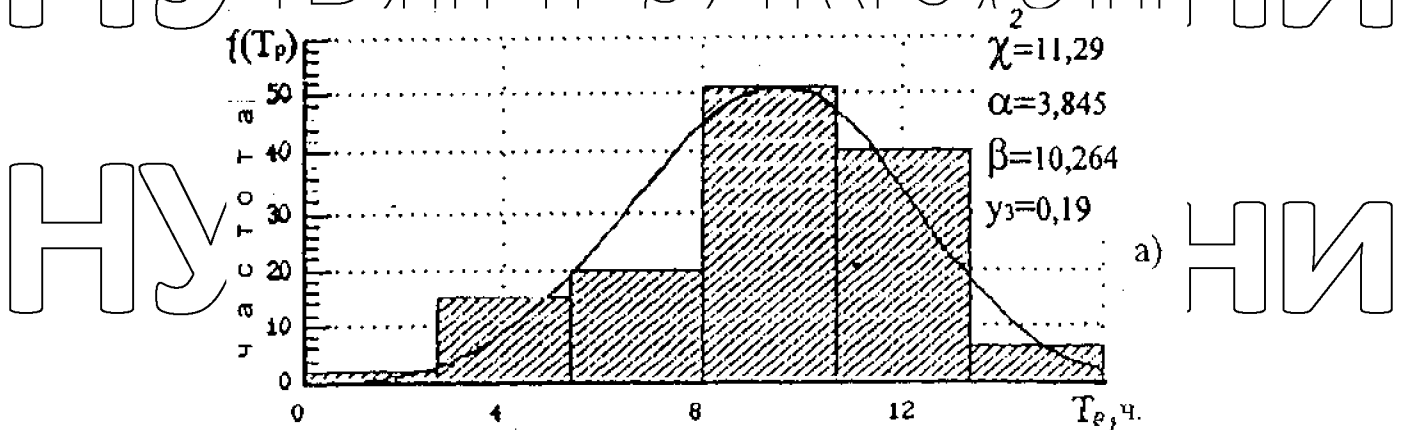
Аналіз даних, наведених у табл. видно, що в період збирання зернові комбайни працюють 12 годин на добу. Чистий робочий час складає 4 години, коефіцієнт використання часу зміни (τ) - 0,340, а коефіцієнт змінності (i) - 1,722, при умові десятигодинної зміни $i = 1,204$. Коефіцієнт використання робочого дня, розрахований за середніми значеннями, дорівнював 0,344, незначно (0,004) не збігається з отриманим при обробці статистичних рядів на ЛБМ (0,340). Це ж відноситься до коефіцієнту змінності $i_1 = 1,720$ и $i_2 = 1,722$, $\Delta = 0,002$ (похибка розрахунку 0,4 и 0,2% відповідно).

Підбір закону розподілу тривалості робочого дня показав, що місце програмно розтеплення Вейбулла з параметрами $\alpha = 3,84$, $\beta = 10,26$. При цьому значення $\chi^2 = 11,29$, а рівень значущості - 0,19. Гістограми законів розподілу та функції ймовірної густини $T_{\text{дн}}$ и $t_{\text{п}}$ показані в додатках. Розрахунки показують, що загальна тривалість циклу становить 49,6%, тобто майже половина робочого часу фури. В середньому один цикл займає 1,3% робочого дня.

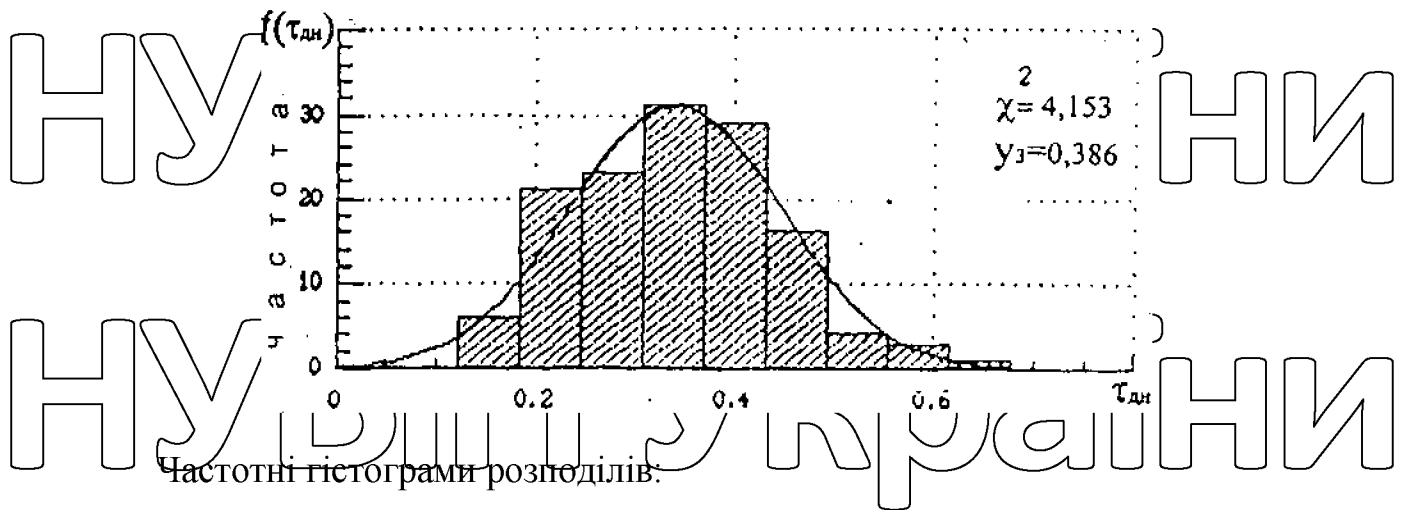




Частотні гістограми часових показників ($T_{дн}^H, T_{дн}^K, t_p, t_p^K$) технологічного процесу збирання зернових культур.



НУБІП України



Частотні гістограми розподілів.

а) T_p - тривалість роботи системи збирання зерна (від початку першого до кінця останнього робочого ходу з урахуванням усіх функціональних відмов), розподіл Вейбулла;

б) t_p - чисте робочий час (Вейбулла), $t_{дн}$ - коефіцієнт використання часу робочого дня (нормальний розподіл)

Тривалість безпосередньої роботи комбайна ($T_{дн}$) від першого робочого прогону до останнього з усіма видами відмов знаходиться в межах від 3,866 до 16,166 годин. Частотні гістограми розподілів входять $T_{дн}$, t_p , $t_{дн}$ показано додатку. Два показники $T_{дн}$, $t_{дн}$ близьке до закону Вейбулла. Однак цілком

прийняти це неможливо, так як значення коефіцієнта χ^2 для цього закону трохи вище табличного. Однак його можна використовувати як для орієнтовних розрахунків. На малюнку вказані параметри відповідних законів. Слід зазначити, що найбільший розкид вимірювань у $T_{дн}$ становив 4,178.

Частотні гістограми та закономірності розподілу підготовчого ($t_{пдг}$) і заключного ($t_{зкл}$) часу, середньої тривалості корпусу однієї робочої зміни ($t_{р1}$) і коефіцієнта змінності при нормальному семигодинному робочому дні ($i_{(т)}$). Для $t_{пдг}$ і $t_{зкл}$ математичне сподівання - 2,149 і 0,538, середньоквадратичне відхилення - 0,456 і 0,213, стандартна помилка - 0,050 і 0,051, дисперсія 0,208 і 0,045, максимальне значення 3,471 і 1,392, мінімальне - 0,733 і 0,117. У час підготовки також включався час, витрачений на переміщення машини з місця відпочинку на стоянку комбайна ($t_{м-с}$), підготовку комбайна до роботи ($t_{пк}$), заправку паливом ($t_з$), переїзд зі стоянки комбайна до місця заправки або від (місце стоянки) заправки до поля ($t_{х1}$), підготовки поля (якщо механізатор сам

його часу) ($t_{шт}$), переїзди по полю, під'їзд до стоянки (t_{x2}), тобто весь час від моменту початку роботи машини до першого робочого прогону. В складову ($t_{здл}$) увійшов час переїзду по полю з момента закінчення безганного робочого ходу. У серії хронокарт тривалість роботи механіка по усуненню несправностей, регулюванню вузлів, прибиранню пожнивних залишків, заправці та іншим видам підготовчих робіт зараховується до підсумкового часу.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 6. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

6.1 Загальні принципи економічного розрахунку ефективності.

За основу розрахунків економічної ефективності проведених досліджень прийнято типову методику дослідження економічної оцінки сільськогосподарських машин, результатів науково-дослідних робіт, нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій. За результатами дослідження розраховано річний економічний ефект.

Кінцевою метою дослідження надійності функціонування технологічного процесу як системи «Л-М-С» є підвищення якості його продукції за рахунок зменшення відмов з відповідних причин та підвищення основної робочої сили, час.

Зазвичай річний економічний ефект розраховується за фактичними витратами шляхом їх порівняння з базовими (існуючими) витратами та експериментальними варіантами. При цьому основною складовою економічного ефекту є підвищення продуктивності агроагрегату машини за рахунок скорочення простоїв за такими причинами: «людина», «машина», «довкілля» та «транспорт».

Річний економічний ефект (E) визначається економією витрат і розраховується за формулою:

$$E = (C_6 + E_n K_6) - (C_n + E_n K_n) A_n \quad (6.1)$$

де C_6 , C_n - собівартість одиниці продукції (робіт) по базовому (існуючому) і новому варіанту, грн.; K_6 , K_n - питома (в розрахунку на одиницю продукції, у одиницю роботи) капітальне вкладення в основному та нових варіантах, грн.; E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних

вкладень дорівнює $0,15$; A_n - обсяг застосування результатів наукових досліджень.
 Питомі витрати праці, наприклад, зернозбирального комбайна (Π грн./т) розраховуються за ДСТУ 23728-88 і ДСТУ 23730-88 наступним чином:

Питомі витрати праці, наприклад, зернозбирального комбайна (77 грн./т) розраховуються за ГОСТ 23728-88 і ГОСТ 23730-88 наступним чином:

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3, \quad (6.2)$$

де Π - упереджені привілейовані роботи дуже на роботу: зернозбирального комбайна (Π_1); транспортні засоби для перевезення зерна (Π_2) і на збір не зернової частини врожаю (Π_3), визначається за формулами :

$$\Pi_1 = \frac{r_{c1} + d_1 \cdot \Pi_T}{W_{cm}} + \frac{B_k}{W_{ek}} \left[\frac{(R_k + R_T)}{T_n} + \frac{(a+b)}{T_\phi} \right] + \frac{U_3 \cdot \Pi_3}{100} \quad (6.3)$$

де r_{c1} - тарифна ставка оплати праці комбайнера, грн./год; d_1 - розхід палива на роботу комбайна, кг/год; Π_T - комплексна ціна палива, руб./л; W_{cm} , W_{ek} - змінна та експлуатаційна продуктивність комбайна, т/год; B_k - балансова ціна комбайна, грн.; R_k , R_T - числові коефіцієнти на капітальний і поточний ремонт комбайна; a - коефіцієнт відрхований на реновацію; b - коефіцієнт ефективності капітальних вкладень; T_n , T_ϕ - нормативне і фактичне річне навантаження, год.; U_3 - втрати зерна, %; Π_3 - вартість зерна, грн./т.

$$\Pi_2 = \frac{1}{100 \cdot Q_\phi} \left[T_\phi \left(r_{c2} + E \frac{B_3}{T_\phi} \right) + L_3 (2P_{km} + Q_\phi P_{tkm}) + P_p \right], \quad (6.4)$$

де r_{c2} - тарифна ставка оплати праці водія, грн. за год; $C_{\text{в}}$ - відстань перевозок, км; $P_{\text{км}}$ - витрати на пробіг автомобіля, грн. на 1 км; $P_{\text{ткм}}$ - розходи на перевезення автомобіля, грн. на 1 т/км; $P_{\text{р}}$ - витрати на один рейс автомобіля, грн./рейс.

$$N_3 = \frac{1}{W_{\text{см}}} \left[(n-1) \left(r_{c3} + C_{\text{з}} * d_3 + \frac{B_{\text{тр}}(a_{\text{тр}} + E)}{T_{\text{тр}}} \right) + \frac{n * B_{\text{т}}(a_{\text{т}} + E)}{T_{\text{т}}} \right] \quad (6.5)$$

де $n-1, n$ - кількість відповідно тракторів і вагонеток; r_{c3} - тарифна норма оплати праці тракториста, грн./год; $B_{\text{тр}}, B_{\text{т}}$ - балансова ціна трактора і візка, грн.; $a_{\text{тр}}, a_{\text{т}}$ - сумарні коефіцієнти, розраховані на ремонт і відновлення тракторів і візків; $T_{\text{тр}}, T_{\text{т}}$ - річна загрузка трактора і візка, год.

Необхідною умовою позитивного ефекту є скорочення витрат. При застосуванні до наших досліджень визначення економічного ефекту безпосередньо за ДСТУ 23728-88 і ДСТУ 23730-88 є складним. Зазначені стандарти поширюються на спеціалізовану сільськогосподарську техніку (машини), трактори, транспортні засоби, універсальні самохідні машини, технологічні, пересувні та стаціонарні комплекти. У зв'язку з цим економічний ефект доцільно розраховувати, виходячи з умови підвищення продуктивності БМСА (існуючих машин і тих технологій) за рахунок зменшення відмов технологічного процесу з причин «людини», машини», «навколишнє середовище», «транспорт» у результаті застосування відповідних подій.

Аналізуючи досліджувані технологічні процеси та зменшення їх відмов за рахунок виявлених резервів, можна зробити висновок, що річний економічний ефект в основному складатиметься з економії заробітної плати механізаторів, яка отримана за рахунок скорочення тривалості технологічної операції. Зрештою, це зменшує витрати праці на 1 га. Економічність визначається з умови підвищення продуктивності за рахунок скорочення простоїв агрегату через відмову компонентів технологічної системи

(«людина», «машина», «середовище», транспорт) порівнюється продуктивність, отримана експериментально по всіх агрегатах окремо. Під час проведення дослідів норму виробітку розраховують як досягнутий рівень продуктивності, який вдалося встановити з урахуванням виявлених резервів та виконання відповідних заходів. Розраховується на основі спостережень хронометра за такою формулою [100]:

$$W_{\text{см}}^{\text{н}} = W_{\text{ч}} * t_p, \quad (6.6)$$

де $W_{\text{см}}^{\text{н}}$ - норма виробітку, га; $W_{\text{ч}}$ - годинна продуктивність, га/год; t_p - основний робочий час, год.

Норми робочого часу для розрахунку нормативу дослідної роботи визначають з урахуванням витрат часу на підготовче закриття, чергування, технологічне обслуговування тощо, відповідно до прийнятого балансу робочого дня. Різниця в нормі продуктивності, отримана хронометричними спостереженнями та розрахунковим шляхом, встановлена в господарствах за даними польової атестації, використовувалася нами як приріст урожайності.

Приріст продуктивності праці за рахунок економії робочого часу - розраховується за такою формулою.

$$\Delta R = \frac{100E_i}{100 - E_i}, \quad (6.7)$$

де E - непродуктивні елементи часу зміни, за рахунок скорочення яких збільшується основний час роботи, %

6.2 Підвищення надійності функціональності технологічної системи за рахунок зменшення збоїв з «людської» причини

Для розрахунку економічної ефективності зернозбирального комбайна використовуємо результати хронометражних спостережень та дані приросту

продуктивності праці за рахунок скорочення невиробничих елементів
робочого дня. Отримані в результаті розрахунків дані наведені в таблиці 6.1.
Рост продуктивних агрегатів з програмною формулою 6.7. і даних табл. 6.1.
розраховується таким чином:

$$\Delta W_{M-c}^{\text{ч}} = \frac{100 \cdot 1,6}{100 - 1,6} = 1,63;$$

$$\Delta W_{\Phi}^{\text{ч}} = \frac{100 \cdot 3,3}{100 - 3,3} = 3,41;$$

$$\Delta W_{\text{пк}}^{\text{ч}} = \frac{100 \cdot 1,2}{100 - 1,2} = 1,21;$$

$$\Delta W_{\text{к}}^{\text{ч}} = 0;$$

$$\Delta W_{\text{ор}}^{\text{ч}} = \frac{100 \cdot 0,9}{100 - 0,9} = 0,91;$$

$$\Delta W_{\text{шт}}^{\text{ч}} = 0.$$

Загальний відсоток приросту продуктивності агрегату за рахунок
зменшення простоїв за причиною «людина» складе:

$$\Delta W_1^{\text{ч}} = 1,63 + 1,21 + 0,91 + 3,41 = 7,16\% \quad (6.8)$$

Таблиця 6.1
Результати хронометричних спостережень за зернозбиральним
технологічним процесом до та після усунення відмов (причина «людина»)

Найменування невиробничої - частини робочого дня (відмова)	Позначення	До усунення відмов		Після усунення відмов		Величина зменшення часу простою		Проведені заходи в ряді домогосподарств для скорочення простоїв
		ч	%	ч	%	ч	%	
Тривалість переміщення механізатора від місця відпочинку до місця стоянки комбайна	t _{м-с}	0,37	3,1	0,17	1,5	0,19	1,6	Організація доставки механізаторів транспортом господарства до місця стоянки агрегата

Час на підготовку комбайна (без заправки)	$t_{пк}$	0,75	6,2	0,6	5	0,14	1,2	Виділення допомоги комбайнеру з числа підсобних робітників. Повний набір інструментів
Простої з організаційних міркувань	$t_{ор}$	0,32	2,7	0,22	1,8	0,11	0,9	Планування та видача завдань оперативніше та після роботи
Простої з фізіологічних причин	$t_{ф}$	1,09	9,1	0,702	5,8	0,4	3,3	Своєчасна доставка обіду та вечері на поле з почерговим доступом до кожного комбайна

6.3 Підвищення надійності функціональності технологічної системи за рахунок зменшення відмов по причині «машина»

Як зазначалося вище, більшість несправностей виникають через технічні несправності. Основними з них є: вихід з ладу приводних пасів фрезерного верстата, сегментів і ножів відрізних машин, ланцюгів конвеєрів, елеваторів розвантажувальних шнеків та ін. При наявності запчастин у комбайна поломка усувається сама собою досить швидко. Через брак запчастин деякі комбайни тривалий час простоявали. При проведенні хронометристських спостережень і виявленні причин відмов, аж до конкретної допомоги самого хронометриста. Результати обробки хронокарт і вжиті заходи щодо скорочення часу простою агрегату за рахунок «автомата» наведені в табл. 6.2.

Збільшення продуктивності комбайна за рахунок скорочення простоїв, завдяки чому «машина» не буде складатися з:

$$\Delta W_H^M = \frac{100 \cdot 8,5}{100 - 8,5} = 9,29;$$

$$\Delta W_y^M = \frac{100 \cdot 0,8}{100 - 0,8} = 0,81;$$

$$\Delta W_{nT}^M = \frac{100 \cdot 1,7}{100 - 1,7} = 1,73;$$

$$\Delta W_x^M = \frac{100 \cdot 2,9}{100 - 2,9} = 2,99.$$

Загальний відсоток приросту продуктивності комбайна за рахунок скорочення простоїв через відмову «машини» визначимо:

$$\Delta W_i^M = 9,29 + 1,73 + 0,81 + 2,99 = 14,82\% \quad (6.9)$$

Таблиця 6.2

Результати хронометричних спостережень за зернозбиральним

технологічним процесом до та після усунення несправностей (причина

"машина")

Найменування невиробничої частини робочого дня (відмова)	Позначення	До усунення відмови		Після усунення відмови		Величина зменшення простоїв		Проведення заходів в ряді домогосподарств для скорочення простоїв
		ч	%	ч	%	ч	%	
Тривалість усунення технічної несправності	t_n	2,25	18,7	1,23	10,2	1,02	8,5	Оснащення комбайнів запчастинами. Організація ланцюгів по усуненню несправностей. Обладнання зварювання та мобільними пристроями.

<p>Технічне обслуговування в процесі експлуатації</p>	<p>0,23</p>	<p>1,9</p>	<p>0,12</p>	<p>0,8</p>	<p>0,11</p>	<p>0,8</p>	<p>Організація ланцюгів, технічного обслуговування та регулювання комбайнів</p>
<p>Усунення непрогнозованих порушень технологічного процесу</p>	<p>$t_{пт}$ 0,48</p>	<p>4,0</p>	<p>0,28</p>	<p>2,3</p>	<p>0,2</p>	<p>1,7</p>	<p>Більш ретельний огляд поля та його своєчасна підготовка</p>
<p>Тривалість переїздів (умовна відмова)</p>	<p>t_x 0,60</p>	<p>5,0</p>	<p>0,25</p>	<p>2,10</p>	<p>0,35</p>	<p>2,9</p>	<p>Оптимальна швидкість руху. Наближення польового</p>
							<p>Стану безпосередньо до збиральних полів. Вибір раціонального (способу руху.</p>
							<p>Обробіток полів, зменшення різноманітних перешкод.</p>

ВИСНОВКИ

1. Технологічний процес виробництва сільськогосподарської продукції, що здійснюється технічними засобами, реалізується динамічною системою, що складається з компонентів «людина», «машина», «середовище». Модель його надійності представлена системою диференціальних рівнянь Колмогорова, в якій показники безвідмовності (ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність виникнення відмов і відновлення працездатного стану, щільність потоку відмов та ін.) забезпечуються оцінюваними характеристиками. Модель відмов являє собою систему лінійних рівнянь щільності потоку відмов.

2. Статистичними дослідженнями встановлено, що надійність (ймовірність безвідмовної роботи) системи, розрахована за основним (цикловим) часом процесів збирання зерна становить 0,312 (0,460); Доцільними є розрахунки надійності технологічних систем витрачати на основний час. Через численні відмови технологічних систем технічні можливості машин використовуються лише на 20-30%.

3. З підвищенням ефективності технологічної системи поточна, добова фактична продуктивність та інтенсивність їх зростання зростають, а зі збільшенням сумарної щільності потоку відмов – зменшуються за експоненціальним законом. Комплексний вплив довжини прогону та продуктивності на надійність системи можна оцінити трансцендентними функціями.

4. Тісний зв'язок надійності функціонування системи з коефіцієнтом використання робочого часу та рівнем професійної майстерності (коефіцієнти кореляції дорівнюють відповідно 0,959 та 0,924). Отримано часові характеристики, статистичні оцінки, гістограми, закони розподілу для розробки інших режимів надійності та продуктивності технологічних систем.

Перевірка моделей в умовах нормалізації підтвердила їх надійність та ефективність (похибка розрахунку - 0,3...5,8%).

5. Основними факторами, що впливають на працездатність складових

«Людина», можна вважати рівень професійної майстерності і втому механіка. визначають методом експертних оцінок, а стомлюваність – за непрямими показниками (характеристиками зміни поточної продуктивності, стабільністю технологічного процесу, ступенем використання ширини захвату, швидкістю пересування та ін.). Дослідами встановлено, що для зернозбирального комбайна $U_{pm} = 0,747$ (середнє), і чим воно більше, тим вище надійність технологічної системи.

6. Виходячи з висновків за результатами дослідження, пропонується для підвищення надійності функціонування технологічних систем, поряд зі зниженням інтенсивності (λ_i) відмов та їх ймовірності, підвищити інтенсивність відновлення працездатності системи (g_i), а, отже, і зменшити результуючу щільність потоку відмов (μ_i) і їх загальної величини (μ).

7. У результаті декомпозиційного аналізу функціонування МТА в системі «Л-М-С» на початковому етапі таких досліджень можна прийняти (як варіант чіпких відмов) таку умову: як відмовою вважається зупинка агрегату з будь-якої причини (відмова елемента системи), а чистим робочим часом – час робочого стану. Виходячи з балансу робочого дня, щоб виявити ступінь впливу складових системи «Л», «М», «С» на її працездатність, з деяким наближенням до відмов можна віднести наступні складові. До фактору «людина» – час переміщення машини від місця влику до місця стоянки агрегату («умовна» відмова агрегату), підготовки його до роботи («умовна» відмова), орг. причини, неробство за фізіологічними потребами та особистими потребами. Найважливішим напрямком слід вважати вдосконалення конструкцій машин з точки зору їх сумісності з людиною. За цим показником низка конструкцій сільськогосподарської техніки є неконкурентоспроможними порівняно із зарубіжними країнами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко А. І., Новицький А. В. Математичне моделювання системи «людина-машина» при накопиченні відмов. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Харків. ХНТУСГ, 2013. Вип. 134. С. 75–79.

2. Березуцький В.В., Васьковець Л.А., Вершиніна Н.П. та ін. Безпека життєдіяльності/за редакцією Березуцького В.В.: Навчальний посібник.- Харків, вид. «Факт».-2005.- 382 с.

3. Березуцька Н.Л., Хондак І.І. Конспект лекцій з безпеки життєдіяльності/Березуцька Н.Л., Хондак І.І.-Харків,-ХНУРЕ,- 2018,-180 с.

4. Нормування показників надійності технічних засобів : навчальний посібник / О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко. – Вінниця : ВІТМ, 2013. – 160 с.

5. Основи теорії надійності і техногенний ризик: Навчальний посібник./ О.М. Соболь та ін., - Х.: НУЦЗУ, 2015.- 133 с. 11

6. Надійність і діагностика технічних систем, /під ред. В.М. Грібова. - К.: НАУ, 2005. - 120с.

7. Небезпечні виробничі ризики та надійність: навчальний посібник /В.В. Березуцький, М.І. Адаменко – Харків. : ФОП Панов А. М., 2016. – 385 с.

8. Апостолюк С.О., Джигирей В.С., Апостолюк А.С., Соколовський І.А., Апостолюк Б.О. Безпека праці: ергономічні та естетичні основи: Навч. посіб./ С.О. Апостолюк та інші. К. : Знання, 2007. 215с.

9. Ергономіка. Навчально-методичний посібник Гервас Ольга Геннадіївна. Умань: видавничо-поліграфічний центр «Візаві». -2011. – 130с

10. Іваськевич І.О. Ергономіка: Навчальний посібник. Тернопіль: Економічна думка, 2002. 4. Поплавська О.М. Ергономіка: Навч. Посібник. К.: КНЕУ, 2006. – 320с.

11. Гамаш Дж., Білюк П. Людський фактор та ергономіка: (вступний курс) – К.: Корнійчук, 2001.

12. Трофімов Ю.П. Інженерна психологія: Підручник. - К.: Либідь, 2002. - 264с.

13. Мигаль В. П., Мигаль Г. В. Аналіз життєздатності університету як складної динамічної системи. / В. П. Мигаль, Г. В. Мигаль. – Електротехнічні та комп'ютерні системи, 2018. № 27 (103). С. 264-272.

14. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.

15. Агєєв А.Є. Основи розрахунку оптимальних і досліджуваних режимів роботи машинно-тракторних агрегатів. -Л: Колос, 2005. - 295 с.

16. Агейкин Д.И. Представлення інформації на пультах оператора // Прилади та системи керування. - 1974, № 1 - С. 11-13.

17. Економіка підприємства. Підручник / За заг. ред. С.Ф. Покропивного. - К.: КНЕУ, 2000. - С. 274 - 403.

18. Пивоварник Я. Співпраця як складова системи мотивування на підприємстві /Я. Пивоварник // Україна: аспекти праці. - 2002. - № 2. - с.9-11.

3. Черватюк О. Заробітна плата в механізмі мотивації трудової діяльності працівників // О. Черватюк // Україна: аспекти праці. - 2013. № 3. - с. 29-32.

19. Айвазян С.А., Енюков І.С., Мешалкин Л.Д. Основи моделювання та первинної обробки даних. - М.: Фінанси і статистика, 2007.

20. Алієв К.І. Агрокліматичні умови функціонування техніки // Аграрна наука. - 2010, №7 - С. 19-20.

21. Андреев П.А. Економічна ефективність МТП. - Скадовськ, 2006. - 115 с.

22. Антонєць Д.А. Методика кількісної оцінки рівня технічної експлуатації тракторів, що використовуються в холодних кліматичних зонах, 2010. - С. 16.

23. Бондаренко Н.І. Методологія системного підходу до вирішення проблеми (історія, теорія, практика). - 2007.
24. Бородин І.Ф. Проблемы автоматизации с.х. виробництва //Автоматизація виробничих процесів у сільському господарстві. – : 2015. – С. 3-6.
25. Боулдинг К. Загальна теорія систем – каркас науки //Дослідження по загальній теорії систем. - М. - 2003. - 100 с.
26. Блінский Ю.Н., Гуськов Ю.А., Тихонкін І.В. Швидко висихає та ефективно очищає - 2008, № 2 - С. 52-57.
27. Бубнов В.В., Кузьмін М.В. Експлуатація машинно-тракторного парку. М.: Колос, 2008. -231 с.
28. Бурков В.Н. Основи математичної теорії активних систем. - М.: Наука, 2006. - 255 с.
29. Вайнштейн Л.А. Інженерно-психологічні аспекти створення електронних засобів автоматизації для МТА //Трактори і сільгоспмашини. - 2012, № 7 - С. 25-28.
30. Введення в ергономіку. М.: 2004. - 265 с.
31. Вентцель Е.С. Теорія ймовірності. - М.: Вища школа, 2010. - С.523.
32. Воронов А.А. Введення в динаміку складних керованих систем. - М.: Наука, 2009. - 351 с.
33. Вудсон У., Коновер Р. Посібник з інженерної психології для інженерів і художників-дизайнерів. - М.: 2007. - 6 82 с.
34. Гаврилов Л.В., Ніколаєв В.І., Темнов В.Н. Результати дослідження деяких режимів роботи оператора // Система «Людина і автомат». - М., 2011
35. Гаврилов Ф.І. Методи аналізу використання сільськогосподарської техніки. - М.: Колос, 2013. -263 с.
36. Гавріченко А.І., Васильєв К.П. Техніка і обладнання для села. -2013, №7 - С. 21-22.
37. Гельман Б. Бесіди з юними механізаторами //Сільські механіки ,

2009, № 10, С. 4-5.

38. Гончаров П.Л. Виробництво харчових продуктів в екстремальних умовах // Аграрна наука. - 2013, №4 - С. 2-3.

39. ДСТУ 20915-75 Машини сільськогосподарські. Методи визначення умов випробувань.

40. ДСТУ 24783-81 Трактори і машини сільськогосподарські. Загальні вимоги до експлуатації.

41. ДСТУ 21034-75 Система людина-машина. Робоча зона людини - оператора. Терміни та визначення. Видавництво стандартів.

42. ДСТУ 21035-75 Система людина-машина. Робоче місце людини-оператора. Терміни та визначення.

43. ДСТУ 12.2.019-76 Система стандартів безпеки праці. Самохідні та сільськогосподарські трактори та машини. Вимоги безпеки .

44. ДСТУ 12.2.023-76 Система стандартів безпеки праці. каюти. Робоче місце водія. Розташування органу управління вантажними автомобілями - білей, автобусів, тролейбусів . Основні розміри і технічні вимоги.

45. ДСТУ 27.204-83 Надійність в техніці. Технологічні системи. Технічні вимоги до методів оцінки надійності параметрів роботи .

46. Діденко Н.Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку "Вища школа" - Київ, 2008. - 391.

47. Дрейнер Н., Сміт Г. Прикладний регресійний аналіз. - М.: Фінансів і статистики, (кн. 1).- 2013. - 366 с.

48. Душков Б.А., Ломов Б.В. та інші Основи інженерної психології. - М.: Высшая школа, 2007. - С. 111-115.

49. Закс Лотар. Статистична оцінка. -М.: Статистика, 1976.

50. Каган М.С. Діяльність людини. М., 1974.

51. <http://library.knuba.edu.ua> – Бібліотека КНУБА.

52. <http://dsp.gov.ua> -Офіційний сайт Держпраці.

53. <http://www.mon.gov.ua>-Офіційний сайт Міністерства освіти і науки.

54. <http://www.dsns.gov.ua>-Офіційний сайт Державної служби з

надзвичайних ситуацій України.

55. <http://rada.gov.ua>-Офіційний веб-сайт Верховної Ради України.

56. Юдін Г.Г. Становлення та сутність системного підходу. - М.: 2013.

57. Флейшман Б.С. Основи системології, - М.: Радіо і зв'язки, 2012.-368

с.

58. Фортуна В.І. Експлуатації машинно-тракторного парку. - М.: Колос. - 1979. - 375 с.

59. Ферстер Е., Ренц Б. Методи кореляційного та регресійного аналізу .

- М.: Фінанси і статистика, 2010

60. Трапезников А.В. Людина в системі управління//Наука і життя. - 2012, № 2.

61. Мухін А.А. Основи експлуатації машинно-тракторного парку. - М.:

Вища школа. - 2013. - 431 с.

62. Методичні рекомендації з біоенергетичної оцінки технологічних - процесів у сільському господарстві - Запоріжжя, 2010р.

63. Професійне навчання кваліфікованих робітників в умовах високотехнологічного виробництва: теорія і практика [монографія] / авт.

кол.: В. О. Радкевич, В. М. Аніщенко, Н. В. Кулалаєва, Г. І. Лук'яненко, А.

М. Михайличенко, В. Є. Скульська; за наук. ред. В. О. Радкевич. К.: ТОВ

«НВП Поліграфсервіс». 2014. 251 с.