



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI:10.37128/2520-6168-2022-1

**Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness**



**ТЕХНІКА
ЕНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ АПК**



Всеукраїнський науково-технічний журнал

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

№ 1 (116) / 2022

м. Вінниця - 2022

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» /
Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2022. 1(116). С. 169.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету
(протокол № 10 від 29.04.2022 р.)*

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

*Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань
України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України
від 02.07.2020 року №886);*

- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);

- індексується в CrossRef, Google Scholar;

- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Відповідальний секретар

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік НААН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Севостьянов І.В. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Граняк В.Ф. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Спірін А.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іванчук Я.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Твердохліб І.В. – д.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет

Цуркан О.В. – д.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Яронуд В.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет,
тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. АГРОІНЖЕНЕРІЯ

*Калетнік Г.М., Яропуд В.М.***СИМУЛЯЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОМАСООБМІНУ ТЕПЛООБМІННИКА ПОБІЧНО-ВИПАРНОГО ТИПУ.....** 4*Грушецький С.М., Омелянов О.М.***ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ КОРЕНЕБУЛЬБОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ.....** 16*Ковальчук Ю.О., Пушка О.С., Войтік А.В., Ковальчук А.О.***ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В АПК ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО НАПЛАВЛЕННЯ** 25*Oleksandr Kholodiuk, Volodymyr Kuzmenko, Zhukov Volodymyr***PREPARATION FEATURES OF TECHNICAL MEANS FOR HAУMAKING.....** 32*Спірін А.В., Цуркан О.В. Твердохліб І.В., Борисюк Д.В.***ЕРГОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ОХОРОНИ ПРАЦІ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.....** 41

II. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

*Алієв Е.Б., Лінко М.О.***АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЕКСПАНДОВАНОГО ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ.....** 51*Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А., Яцук Є.В., Гречко Р.О.***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГІДРОСТАТИЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ ТИПУ ГСТ-90..** 58*Возняк О.М., Бабин І.А***АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА СУШКИ ЖОМУ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА.....** 65*Ivan Sevostianov, Yaroslav Ivanchuk***MODELLING OF WORKING PROCESS OF EQUIPMENT WITH HYDRAULIC DRIVE FOR SEPARATION OF DAMP DISPERSIVE MATERIALS.....** 77*Матвійчук В.А., Гайдамак О.Л., Карпійчук М.Ф.***ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ДЕТАЛЕЙ З ПІДВИЩЕНИМИ ТРИБОЛОГІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ** 83*Пазюк В.М., Токарчук О.А.***ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД** 96*Полевада Ю.А., Соломон А.М., Бондар М.М.***ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО КОНЦЕНТРУВАННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗЕФІРУ.....** 105*Присяжнюк Д.В.***ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОФІЗИЧНИХ ТА ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОННОМУ ПРИСТРОЇ ДЛЯ СИНТЕЗУ ОЗОНУ.....** 114*Svitlana Kravets***PERFECTION OF FUNDAMENTALS OF MATHEMATICAL METHOD OF DESIGN OF HYDROSYSTEMS OF DRIVE OF TECHNICAL MACHINES.....** 121*Сивак Р.І., Островський А.Й., Богатюк М.О.***ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОНОВКИ УНІВЕРСАЛЬНО-СКЛАДАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ІЗ ЗМІНОЮ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ВТУЛКИ РОЗРІЗНОЇ.....** 128*Цуркан О.В.***ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШНІННЯ НАСІННЯ ГАРБУЗА.....** 136*Яропуд В.М., Купчук І.М., Бурлака С.А.***ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АДАПТИВНОГО ТРИТРУБНОГО ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ.....** 142

III. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

*Возняк О.М., Штуць А.А., Тихонов В.К.***ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ ТА МЕТОДИКИ ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....** 150*Граняк В.Ф., Кожушко О.В.***ОЦІНЮВАННЯ СИСТЕМАТИЧНИХ ПОХИБОК СМУГОВОГО НЕСИМЕТРИЧНОГО СЕНСОРА ВОЛОГОСТІ.....** 164



УДК 613.6

DOI: 10.37128/2520-6168-2022-1-5

ЕРГОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ОХОРОНИ ПРАЦІ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**Спірін Анатолій Володимирович**, к.т.н., доцент**Цуркан Олег Васильович**, д.т.н., доцентВідокремлений структурний підрозділ «Ладизинський фаховий коледж
Вінницького національного аграрного університету»**Твердохліб Ігор Вікторович**, к.т.н., доцент

Вінницький національний аграрний університет

Борисюк Дмитро Вікторович, к.т.н., старший викладач

Вінницький національний технічний університет

Anatolii Spirin, Ph.D. of Eng. Sc., Associate Professor**Oleh Tsurkan**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Separated structural unit «Ladyzhyn Professional College of Vinnytsia National Agrarian University»

Igor Tverdokhlib, Candidate of Technical Sciences (Ph. D. in Eng.)

Vinnytsia National Agrarian University

Dmytro Borysiuk, Candidate of Technical Sciences (Ph. D. in Eng.), Senior Lecturer

Vinnytsia National Technical University

Однією з причин високого рівня виробничого травматизму та професійних захворювань в Україні є недостатня увага до виконання ергономічних вимог до засобів та умов праці. Ергономіку є елементом складної системи «охорона праці» який пов'язаний внутрішньосистемними зв'язками з іншими елементами даної системи. В свою чергу ергономіка є системою для деякої кількості відповідних елементів основними з яких є людина і засоби праці. Головною задачею охорони праці (і, звісно, ергономіки) є забезпечення для людини здорових та безпечних умов праці що мінімізують випадки професійного травматизму та захворюваності. Дослідження людиномашинних систем ведуться в багатьох напрямках із застосуванням сучасних методів. Але потрібно також визнати що проблем в даній галузі життєдіяльності людини залишається ще чимало. Про це красномовно свідчить статистика виробничого травматизму (в тому числі і смертельного) в сільському господарстві України.

Взаємозв'язок людини з машиною є однією з багатьох видів залежностей які проявляються в процесі роботи. Можна виділити чотири види таких залежностей: «людина-машина», «людина-людина», «машина-машина», «операція-операція». При ергономічних дослідженнях часто буває важливо визначити яким чином робітник користується органами керування на своєму робочому місці – наскільки часто він використовує кожен з цих органів і, головне, з якою послідовністю.

Для того щоб полегшити вирішення цієї задачі вводиться поняття «зв'язку». Інформацію про отримані зв'язки узагальнюють за допомогою спеціальних матриць. Окрім взаємодії людини і машини в сільському господарстві потрібно враховувати специфіку матеріального середовища і зовнішніх умов на робочому місці.

Аналіз системи «людина-машина» повинен включати не тільки технічні аспекти, але й враховувати специфіку матеріального середовища і зовнішніх умов на робочому місці, а також організаційні моменти які виявляються тільки при динамічному аналізі системи.

Ключові слова :ергономіка, умови праці, засоби праці, система, працівник, машина ,трудовий процес, професійні захворювання.

Табл. 2. Рис. 1. Літ. 15.

1. Постановка проблеми

Стан охорони праці в Україні продовжує залишатись на неприпустимо низькому рівні. Найбільш красномовно про це свідчать показники травматизму за останні роки. В своєму інтерв'ю одному з інтернет-сайтів заступник голови Держпраці В. Сажієнко [1] навів наступні цифри. За останні п'ять років кількість зафіксованих нещасних випадків становила (в знаменнику – смертельні нещасні випадки): 2016 рік – 315/50; 2017 – 265/46; 2018 – 278/42; 2019 – 275/46; 2020 – 208/28. За дев'ять



місяців 2021 року – 128/33 випадки. Не зважаючи на деяку позитивну тенденцію по роках, загальний рівень травматизму, особливо смертельного, залишається досить високим. Там же було відзначено що найбільше травм трапляється в період зернозбирання. Це зумовлено максимальним напруженням трудового процесу, високою температурою, що призводить до помилкових дій, нехтуванням особистою безпекою, відсутністю належного контролю за безпечним виконанням робіт з боку інженерно-технічного персоналу та деякими іншими причинами. Як можна бачити більша частина причин (нехтуванням особистою безпекою, відсутністю належного контролю за безпечним виконанням робіт) відносяться до організаційних причин, тобто таких які мають чисто антропогенне походження. Але є причини (напруження трудового процесу, висока температура) які пов'язані з елементами системи «людина – трудовий процес», тобто мають безпосереднє відношення до однієї зі складових охорони праці, а саме до ергономіки. Адже за визначенням Міжнародної організації ергономіки яка була прийнята на конгресі 2010 року: «Ергономіка - це наукова дисципліна, що вивчає взаємодію людини та інших елементів системи, а також сфера діяльності щодо застосування теорії, принципів, даних і методів цієї науки для забезпечення благополуччя людини та оптимізації загальної продуктивності системи». Відповідно до даного визначення ергономіка повинна виконувати наступні завдання: проведення досліджень спрямованих на пристосування елементів системи «людина – трудовий процес» до природних фізичних і психологічних можливостей працівника; забезпечення максимальної ефективності праці; запобігання всім можливим загрозам для здоров'я людини ; оптимізувати витрати біологічних ресурсів у процесі праці.

Всі ці завдання органічно вписуються в мету охорони праці, як наукової дисципліни, так і практичного явища, в даному випадку в систему охорони праці в сільському господарстві. Це кваліфікує ергономіку як елемент складної системи «охорона праці» який пов'язаний внутрішньосистемними зв'язками з іншими елементами даної системи. В свою чергу ергономіка є системою для деякої кількості відповідних елементів, основними з яких є людина і засоби праці. Під час трудового процесу вони знаходяться в нерозривному зв'язку , впливають один на одного, від їх адекватної взаємодії залежить як результат трудового процесу, так і здоров'я працівника.

Для реалізації трудового процесу потрібні , як мінімум, два елементи – людина і засіб праці. Зазвичай при цьому в більшості випадків вживають термін «система людина – машина», хоча деякі засоби праці, суворо кажучи, не являються машинами (наприклад простий молоток). Ми в подальшому також будемо вести мову про особливості функціонування саме системи «людина – машина».

Головною задачею охорони праці (і, звісно, ергономіки) є забезпечення для людини здорових та безпечних умов праці що мінімізують випадки професійного травматизму та захворюваності. Для цього потрібно досконально вивчити в тому числі внутрішні зв'язки в системі «людина – машина» , характер їх реагування на зовнішні збурення при забезпеченні нормативної продуктивності системи. Саме вивченню цих закономірностей і присвячене дане дослідження.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

У сучасній методології наукового пізнання системний підхід характеризується як явище, в основі якого лежить дослідження об'єкта, як системи: цілісного комплексу взаємопов'язаних елементів; сукупності взаємодіючих об'єктів; сукупності суті і відносин [2]. Саме з такої точки зору потрібно проводити дослідження функціонування систем які пов'язані з ергономікою.

При аналізі останніх досліджень і публікацій на дану тему потрібно перш за все звернути увагу на праці які присвячені загальним питанням ергономіки [3] та на проблему яка лежить на поверхні, а саме – ергономіка робочого місця [4]. Відмічено, що на відміну від двосторонніх зв'язків між людиною і машиною (з урахуванням виникнення при цьому зворотних зв'язків), вплив мікроклімату та інших параметрів робочого місця на працівника є одностороннім, тобто прагнення до зміни цих умов не є самоціллю.

Ряд робіт [5 - 8] присвячений впливу ергономічних факторів на стан здоров'я працівника сільського господарства. Відмічено, що на механізаторів при виконанні робіт діє комплекс шкідливих факторів виробничої сфери і трудового процесу: дискомфортний нагріваючий мікроклімат, забруднення повітря робочої зони, шум, вібрація, статичні та динамічні фізичні навантаження, незручна робоча поза. Все це призводить до зміни показників гемодинаміки та функціонального стану, свідчить про напруження регуляторних систем і зниження адаптаційних можливостей організму. Ще один висновок стосується іншого елемента системи що вивчається, тобто машини, - зі збільшенням строків експлуатації техніки ступінь відхилення шкідливих факторів від гігієнічних нормативів



збільшується. Ще одна робота [9] присвячена дослідженню впливу ергономічних показників системи на резерви адаптаційної системи людини. Надійність роботи системи «людина-машина» багато в чому визначається ергономікою технічних систем, які в довгостроковій перспективі можуть призводити до погіршення функціонального стану людини-оператора. Маючи відповідні функціональні резерви організм людини може значно зменшити шкідливий вплив не тільки від технічної системи, з якою він довгостроково контактує, але й від інших факторів навколишнього середовища (екологічні фактори). Одночасне врахування ергономічних факторів ризику та величини функціонального резерву, дозволяє покращити якість діагностичних рішень про стан організму людини.

Інша група робіт присвячена дослідженню іншої складової системи, а саме питанням працездатності та надійності роботи сільськогосподарських машин. Так, в роботі [10] проведені теоретичні дослідження, які направлені на встановлення закономірностей ймовірності безвідмовної роботи систем «людина-машина», рівень надійності яких можна підвищити шляхом удосконалення складової «людина-оператор». В роботах [11, 12, 13] розглядається питання забезпечення надійності та безпечності експлуатації сільськогосподарської техніки як складних систем. В цих роботах об'єктами досліджень виступають самі машини, або ж системи «машина-база ТО».

Останнім часом поглиблюються методи дослідження людиномашинних систем шляхом застосування спеціальних розділів математики, теорії ймовірності тощо. Так, наприклад, в роботі [14] відмічається, що на сьогодні існує багато кількісних, якісних та комбінованих методик оцінювання ризиків, але жодна з них не пристосована для використання в сфері охорони праці, оскільки не враховує динамічного характеру випадкового гібридного впливу на працівника в рамках системи «людина-машина-середовище».

Підсумовуючи результати аналізу останніх публікацій можна зробити висновок, що дослідження людиномашинних систем ведуться в багатьох напрямках із застосуванням сучасних методів. Але потрібно також визнати, що проблем в даній галузі життєдіяльності людини залишається ще чимало. Про це красномовно свідчить статистика виробничого травматизму (в тому числі зі смертельними наслідками) в сільському господарстві України. Ми навели дані тільки по цій одній галузі, але і в інших ситуація складається ненабагато краще, а в деяких – навіть і гірше. Тому наразі актуальним лишається завдання дослідження функціонування даної системи, уточнення взаємодії складових її елементів, прийняття адекватних рішень для зменшення можливих ризиків для працездатності та здоров'я людини.

3. Мета досліджень

Метою досліджень є зменшення випадків виробничого травматизму та професійної захворюваності працівників сільського господарства шляхом вивчення ергономічних принципів функціонування системи «людина-машина», виявлення її основних елементів, взаємозв'язків, можливих реакцій на зовнішні та внутрішні збурення і вироблення на цій основі адекватних рішень для зменшення можливих ризиків для життя і здоров'я працівників.

4. Викладення основного матеріалу

Тема даних досліджень досить глибока та багатогранна і, звичайно, не може бути повністю висвітлена в межах однієї статті. В дні роботи ми будемо намагатись висвітлити взаємозв'язки в процесі праці між людиною та знаряддями праці, їх вплив один на одного, взаємне пристосування для отримання бажаного результату.

Процес пристосування знарядь праці і машин до трудової діяльності людини має довгу історію, таку ж довгу як і сама трудова діяльність. З давніх пір існує прагнення до створення інструментів які найбільш ефективні та зручні в роботі. Раціональна форма засобів праці має особливо важливе значення при вирішенні задач пристосування умов праці до людини. Особливо це актуально для сільського господарства, де ще залишається значна частка ручної праці, значно більша ніж в інших галузях господарювання. При цьому не завжди враховуються вимоги анатомії людини, фізіології та психології праці, а також консерватизм та інертність мислення є головною перешкодою на шляху гуманізації системи «людина-процес праці». Недосконалість засобів праці викликає одну з головних проблем ергономіки: взаємодію людини з різноманітними машинами та іншим виробничим обладнанням. Якщо працівник має справу з ручним інструментом або з машиною, що обслуговується і керується людиною (тобто неавтоматизоване обладнання), то виникають проблеми безпеки, надійності і зручності обслуговування, проблеми уникнення небезпечних ситуацій, які загрожують



здоров'ю і життю людини або тягнуть за собою великі витрати енергії (через велике динамічне навантаження). Додаткові труднощі можуть створити і статичні умови роботи: положення працівника стоячи або зігнувшись, робота в нахиленому стані або лежачи тощо.

При експлуатації машин з автоматичним керуванням або таких, що вимагають лише незначного втручання з боку оператора основна проблема з точки зору фізичного напруження зміщується з динамічного на фізичне навантаження. На перший план при цьому виходить навантаження на центральну нервову систему: необхідність спостереження за показниками приладів, психологічна втома, яка викликана монотонністю роботи (і пов'язані з цим гальмівні реакції, які призводять до послаблення уваги і зниження точності), робота наодинці, емоційне навантаження і напруження пов'язане з відповідальністю за обладнання (як правило, доволі дорогого, несправність, якого може загрожувати життю обслуговуючого персоналу та існуванню самого підприємства).

Широке впровадження автоматизації виробництва викликає ще одну проблему, яка є безпосереднім результатом вузької спеціалізації. Дроблення роботи на окремі частки знижує у виконавців зацікавленість до роботи, що вони виконують, призводить до її «дегуманізації», знижує можливість працівника впливати на кінцевий результат своєї праці. Це неминуче призводить до применшення ролі людини по відношенню до засобів виробництва і результатів виробничого процесу. Дана проблема особливо актуальна для сільськогосподарського виробництва, особливо рослинництва, де багато технологічних операцій виконуються однією людиною.

Взаємовідносини людини та засобів виробництва є лише одним з аспектів аналізу системи «людина-машина». Вся ж ця система набагато складніша і, відповідно, при її функціонуванні виникає велика кількість проблем, деякі з яких ми спробуємо освітити.

Взаємозв'язок людини з машиною є однією з багатьох видів залежностей, які проявляються в процесі роботи. Можна виділити чотири види таких залежностей: «людина-машина», «людина-людина», «машина-машина», «операція-операція». Дві останні залежності відносяться до сфери технології або організації виробництва. Оптимізація цих зв'язків є технічною і організаційною задачею. Зв'язок людини з людиною в процесі праці відноситься до сфери соціальної психології. Лишається перша група залежностей – людини з машиною, яка і є предметом наших досліджень.

Методологія аналізу залежностей, які виникають в трудовому процесі, є доволі складною частиною психології і наукової організації праці. Однак, саме ці залежності мають величезне значення для оптимального вирішення конструктивних, технологічних та організаційних задач в галузі сільського господарства.

При ергономічних дослідженнях часто буває важливо визначити, яким чином робітник користується органами керування на своєму робочому місці – наскільки часто він використовує кожен з цих органів і, головне, з якою послідовністю. Що, наприклад, працівник робить після переміщення важеля *A*? Яким буде його наступний рух? При складних процесах роботи ці питання можуть являти досить складну проблему.

Для того щоб полегшити вирішення цієї задачі вводиться поняття «зв'язку». Якщо, наприклад, робітник спочатку натискає на кнопку *A*, а потім на важіль *B*, то виникає зв'язок *AB*. Наступні рухи створюють зв'язок *BC* тощо. Введення поняття «зв'язок» дозволяє поділити загальний процес на відповідні елементи.

Інформацію про існуючі зв'язки можна отримати шляхом безпосереднього спостереження за одним, а ще краще, за декількома працівниками, які виконують роботу на реальних машинах або на макетах таких машин. При неможливості проведення таких спостережень можна виявити існуючі зв'язки шляхом опитування досвідчених працівників про черговість виконання необхідних операцій. Отриману інформацію можна представити у вигляді таблиці або «матриці зв'язків» (табл. 1).

В табл. 1 кожна літера відповідає певному органу керування. В даному випадку це органи керування автомобіля КамАЗ-43118, а саме: *A* - кран управління стоянковим та запасним гальмами; *B* - важіль управління блокуванням міжосьового диференціалу; *C* - вимикач приладів і стартера з пристроєм проти викрадення; *D* - рукоятка зупинки двигуна; *E* - рульове колесо; *F* - педаль зчеплення і важіль перемикачів передач; *G* - комбінований перемикач світла та склоочисників; *H* - педаль робочої гальмівної системи; *I* - рукоятка ручного керування подачею палива; *J* - педаль подачі палива; *K* - кнопка допоміжної гальмівної системи; *L* - важелі управління обігрівачем та вентиляцією кабіни. Числа в елементах матриці показують скільки разів був використаний даний зв'язок. Кожному числу яке розташовано вище діагоналі відповідає таке ж число нижче неї, що показує зв'язок між обома органами керування.



Таблиця 1

Матриця зв'язків

		Механізми управління автомобілів КамАЗ											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Механізми управління автомобілів КамАЗ	A		3	4	2	10	9	8	-	7	-	-	3
	B	3		1	2	-	5	-	7	-	14	10	-
	C	4	1		4	20	12	-	15	3	4	-	15
	D	2	2	4		7	16	-	10	-	5	9	-
	E	10	-	20	7		7	6	17	21	10	12	-
	F	9	5	12	16	7		8	-	13	-	-	20
	G	8	-	-	-	6	8		2	8	20	9	-
	H	-	7	15	10	17	-	3		-	18	4	-
	I	7	-	3	-	21	13	8	-		5	-	-
	J	-	14	4	5	10	-	20	18	5		-	-
	K	-	10	-	9	12	9	4	-	-	-		-
L	3	-	15	-	-	20	-	-	-	-	-		
Число зв'язків		46	42	78	55	110	90	62	74	57	76	44	38

Однак, не всі зв'язки є рівноцінними в плані керування машиною. Деякі зв'язки є більш важливими ніж інші, хоча і можуть з'являтися рідше. Якщо обслуговування якогось агрегату особливо важливо для безпеки всієї системи, то органи керування цим агрегатом потрібно розташовувати з можливістю вільного доступу до них. Інколи велике значення має використання двох органів керування, одного за іншим, навіть, якщо такі зв'язки можуть з'являтися досить рідко. В цих випадках при плануванні розміщення органів керування потрібно враховувати не тільки частоту зв'язків, але й їх значимість.

Встановити значимість таких зв'язків часто буває доволі важко, оскільки при цьому доводиться базуватись на суб'єктивній оцінці операторів. В цьому випадку можна використати метод експертних оцінок для визначення відносної значимості окремих зв'язків [15]. Існують і простіші способи визначення значимості або відносної «ваги» зв'язків. В більшості випадків значимість зв'язків пов'язують з частотою їх появи. Для простоти, втім достатньої для практичного застосування, обмежуються трибальною оцінкою, надаючи кожному із зв'язків вагу 3,2 або 1 в залежності від частоти їх появи або важливості. Ті зв'язки, які зустрічаються найбільш часто або є найбільш важливими, оцінюють в 3 бали, зв'язки які займають проміжне становище – в 2 бали, зв'язки, що рідко зустрічаються та малозначущі –1 бал. Потім шляхом простого множення ваги отримують загальну вагу кожного зв'язку.

Визначення оптимального розташування органів керування, тобто вирішення системи «людина-машина» за допомогою математичного апарату є достатньо кропіткою та важкою задачею, яка потребує значного часу для свого вирішення. Наряду з цим можна використовувати інший метод – графічний, який в більшості випадків дозволяє отримати цілком задовільні результати.

Перш за все для аналізу потрібно відібрати найбільш важливі елементи системи не звертаючи уваги на другорядні. Потім потрібно відібрати тільки тих працівників і ті машини (або органи керування, якщо саме вони є метою досліджень), які мають скільки-небудь значущу вагу зв'язків. Після отримання цих даних можна починати складати їхні вагові матриці. При цьому рекомендується ввести різні символи для позначення людей та машин (наприклад, літери для позначення машин і цифри для позначення людей). Приклад такої матриці (числа, які характеризують вагу зв'язків в ній вибрані довільно) наведений в таблиці 2. В цій матриці числа в окремих клітинах показують зв'язки які отримані перемноженням частоти зв'язків на оцінку їх значущості по трибальній системі.

В таблиці 2 не вказані зв'язки між машинами, а наведені тільки зв'язки між людьми та між машинами та людьми.

Таблиця 2

Матриця ваги елементів системи

		Машини			Люди				
		A	B	C	1	2	3	4	5
Люди	1	2	1	6	9	-	9	2	-
	2	1	6	4	9	-	-	-	-
	3	6	2	4	9	-	-	-	-
	4	4	4	-	2	-	-	-	-
	5	-	-	2	-	-	-	-	-



Складання такої матриці дозволяє наблизитись до вирішення проблеми (рис.1).

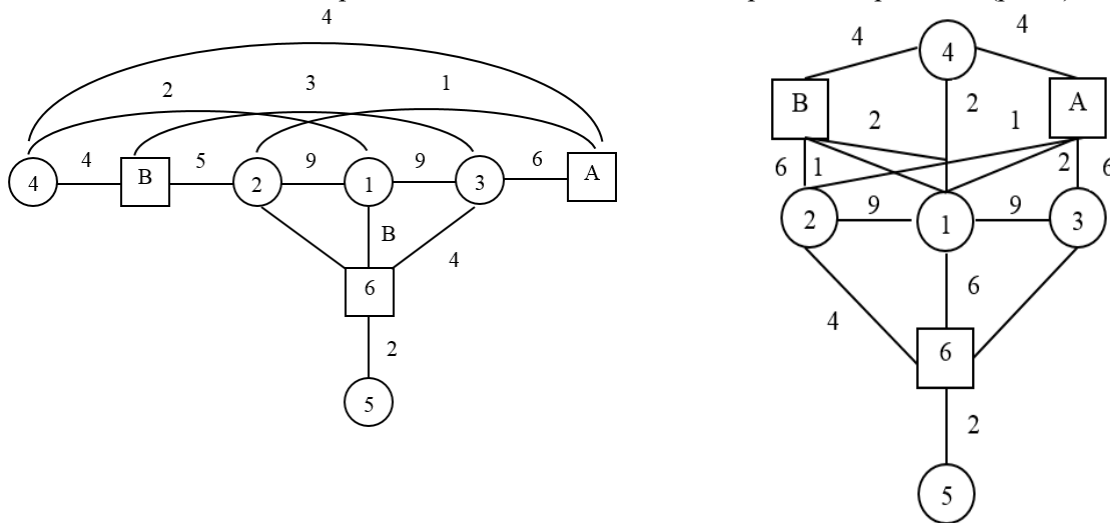


Рис.1 Графічний спосіб вирішення проблеми розміщення системи

Рішення розбивається на два етапи. Спочатку складають діаграму на, якій машини позначають, наприклад, квадратами, а людей – колами, причому в першу чергу наносять фігури з найбільшим числом зв'язків (робітник 1). Потім наносять фігуру, яка має найбільшу вагу зв'язку з першою (робітник 2), і з'єднують обидві фігури лінією. Так по черзі наносять всі зв'язки робітника 1. Таким же чином відображають і всі інші зв'язки. Нижня частина рис.1 показує те ж рішення в спрощеному стані, з короткими лініями зв'язків.

Якщо всі елементи в зв'язку були нанесені правильно, отримана діаграма дає приклад оптимального рішення для вибраного нами випадку.

Ми розглянули тільки декілька випадків створення системи «людина-машина». Взагалі, це одна з головних проблем будь-якого ергономічного аналізу. Поняття системи «людина-машина» (або «людина – трудовий процес») використовується, як в ергономіці, так і в психології праці. Ця система практично завжди кладеться в основу аналізу всякої системи, в якій окрім людини виступають засоби праці, машини, механічні пристрої тощо. У всіх випадках під терміном «машина» ми розуміємо любий елемент обладнання за допомогою якого людина досягає будь-якої мети. В системі «людина-машина» можна виділити три основні функції:

1. функцію входу яка забезпечує введення інформації в органи відчуття людини;
2. функцію керування яка здійснюється центральною нервовою системою людини;
3. функцію виходу яка зазвичай, хоча і не завжди, реалізується завдяки сенсорномоторних органів і м'язової системи людини.

Якщо між входом і виходом відсутній безпосередній зв'язок, така система діє, як незамкнений контур. В тому випадку, якщо вихід може здійснювати якийсь вплив на вхід, система діє, як замкнений контур в якому людина відіграє роль керуючого елемента.

Типовим прикладом замкнутої системи, тобто системи зі зворотнім зв'язком, може слугувати водій автомобіля який повинен підтримувати задану швидкість, наприклад 80 км/год. «Виходом» водія буде його нога, яка знаходиться на педалі газу, яка є «входом» двигуна; в свою чергу «виходом» автомобіля є спідометр, а «входом» водія – його зір. В цьому замкнутому ланцюгу виконавчий механізм (двигун автомобіля) зв'язаний з попереднім елементом (діями водія). Прикладом розірваної системи, яка пов'язує людину і машину, може слугувати запуск двигуна автомобіля при простому натисканні на стартер.

Під час взаємодії людини і машини можна виділити три етапи:

1. Сприйняття інформації (перцепція) або шляхом безпосереднього нагляду за виробничим (або іншим) процесом, або шляхом спостереження за показниками контрольно-вимірювальної апаратури, які відображають параметри протікання процесу. Перцепція здійснюється за допомогою органів відчуття людини. Отримана від них інформація передається в центральну нервову систему.

2. Переробка (трансформація) отриманої інформації здійснюється в центральній нервовій системі і призводить до прийняття певного рішення (рішення може полягати і в тому, щоб в даній ситуації нічого не робити). На характер рішення, його правильність і швидкість прийняття впливає не



тільки інформація, що приходить зовні (від машини і навколишнього оточення), але і внутрішня інформація. Внутрішня інформація поступає з пам'яті людини, в якій зберігається отримана раніше інформація, інструкції, досвід. Окрім цього велику роль відіграє інтуїція, яка досить суттєво впливає на прийняття рішень.

3. Останнім етапом трудового процесу є видача прийнятого рішення виконавчим органом (наприклад, групами м'язів рук і ніг) на виконання цього рішення. Цей останній етап має назву управління і в системі «людина-машина» здійснюється шляхом впливу на органи керування машини з метою внесення потрібних змін в процес, що протікає в системі. «Виходом» в цьому випадку є виконавчі органи, «входом» - органи керування машиною.

Отже, перцепція, прийняття рішення і його виконання утворюють замкнуту систему трудового процесу. Сутністю взаємозв'язків двох основних елементів цієї системи – людини і машини – є процес передачі інформації та керування. Існують також зворотні зв'язки між машиною і людиною, які працюють по схемі: пристрій сигналізації – рецептор – центральна нервова система – виконавчі органи – органи керування.

В тих випадках, коли зворотній зв'язок вмонтований в саму і здійснюється без участі людини, така машина являє собою автомат. Відмінною особливістю автомата є наявність в його конструкції системи зворотних зв'язків, на які оператору не потрібно впливати.

Все сказане дозволяє зробити наступний висновок: при аналізі будь-якого технологічного процесу (як в стадії розробки конструкції, так і на стадії виробництва або внесенні змін у вже існуючу машину) не можна його розглядати тільки з технічної сторони, з точки зору чисто конструктивних рішень. Вірне вирішення проблеми полягає в оптимальному поєднанні людини і машини, тобто у вирішенні системи «людина-машина», як єдиного, інтегрального цілого. Організм людини, його мозок, його нервова і м'язова системи являють собою чудовий по взаємодії «механізм». Але цей «механізм» має обмежені фізіологічні та психічні можливості. Інженер-конструктор або технолог повинен знати можливості людини, щоб не створити таку машину, яку неможливо було б правильно обслуговувати. Цей постулат особливо актуальний для сільськогосподарських машин в силу реальних особливостей цієї галузі господарювання.

Окрім взаємодії людини і машини в сільському господарстві потрібно враховувати специфіку матеріального середовища і зовнішніх умов на робочому місці. На противагу двостороннім зв'язкам між головними елементами системи (і з урахуванням зворотних зв'язків, що при цьому виникають), вплив мікроклімату та інших параметрів навколишнього середовища на працівника є одностороннім, тобто намагання до зміни цих умов не буде самоціллю. Те ж саме можна сказати і про умови праці на робочому місці (положення тіла, розмір і форма сидіння, швидкість роботи, ритм зміни праці та відпочинку тощо). При цьому завжди передбачається, що конструкція машини не створює безпосередньої загрози здоров'ю чи життю працівника. Всі ці фактори впливають на спосіб взаємодії системи «людина-машина». Отже, повний аналіз всієї системи повинен включати в себе також аналіз умов матеріального середовища на робочому місці.

На функціонування системи, про яку йде мова, впливає також режим праці, тобто тривалість саме робочого процесу та перерви. Ці елементи умов праці мають особливе значення в ергономіці, оскільки вони можуть призвести до такого негативного явища, як втома. Потрібно мати на увазі, що навіть при повній відсутності таких шкідливих факторів, як можливість отруєння, загазованість та інших, які можуть призвести до професійних захворювань, а також при мінімумі ризику нещасних випадків, проблема втоми завжди залишається актуальною незалежно від того, буде це фізична, нервова або розумова втома.

Якщо виникає потреба в оптимізації деякої системи «людина-машина», не можна робити висновки чисто на технічних рішеннях. Систему потрібно аналізувати не тільки в статичному стані, але і в динаміці, тобто під час виконання роботи. При такому аналізі організаційні проблеми (до яких відноситься, в тому числі, і тривалість роботи та перерви) проявляються, як важливі складові частини системи.

Дослідження в галузі пристосування умов праці до людини охоплює значно більше проблем ніж ми освітили в даній роботі. Детальні системні дослідження в цій сфері діяльності людини дозволять покращити умови праці, значно знизити ризики виникнення нещасних випадків та професійних захворювань.

5. Висновки

Комплексна механізація та автоматизація виробництва призводить до применшення ролі людини по відношенню до засобів виробництва і результатів виробничого процесу; дроблення роботи



на окремі частки знижує у виконавців зацікавленість до роботи, що вони виконують, знижує можливість працівника впливати на кінцевий результат своєї праці.

Факторами ризику в розвитку функціональних порушень у механізаторів сільського господарства в процесі трудової діяльності є ергономічні недоліки в організації робочих місць на мобільній техніці. Незадовільні ергономічні фактори умов праці обумовлюють розвиток функціональних порушень у механізаторів в процесі роботи і можуть стати факторами ризику в розвитку професійних захворювань.

Аналіз системи «людина-машина» повинен включати не тільки технічні аспекти, але й враховувати специфіку матеріального середовища і зовнішніх умов на робочому місці, а також організаційні моменти, які виявляються тільки при динамічному аналізі системи.

Список використаних джерел

1. <http://w.w.w. agravery.com.uk.posts>. Інтерв'ю заст. Голови Держпраці України В. Сажієнка. 12.10.2021 року.
2. Цуркан О.В. Системний підхід до вивчення технології післязбиральної обробки насіння гарбуза. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021. №4(115). С.141-147.
3. Основи ергономіки. Брусенцов В.Г., Брусенцов О.В., Бугайченко І.І., Кисельова С.О. *Навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ*, 2011. 141 с.
4. Абракітов В. Е. Ткаченко І. О. Ергономіка робочих місць. *Харків. ХНУМГ ім. О. М. Бекетова*. 2017. 78 с.
5. Охорона праці у сільському господарстві О. В. Войналович, Є. І. Марчишина, Т. О. Білько. *К: Центр навчальної літератури*. 2017. 691 с.
6. Горностай О.Б. Розвиток професійних захворювань в Україні. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.16 С.396-401.
7. Медико-соціальні та економічні втрати від професійної захворюваності та шляхи їх попередження А.М. Нагорна, Л.О. Добровольський, Л.М. Грузова, Л.А. Янковська, О.І. Колодяжна, М.П. Соколова. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2011. № 4. С. 62
8. Камінський В. Ф., Лапін В. М., Піхало Г. С. Аналіз і оцінка ризику небезпек у професійній діяльності працівників на механізованих процесах у галузях землеробства та рослинництва. *Вісник аграрної науки*. 2018. №12(789) С.59-64.
9. Ергономічне забезпечення транспортних процесів. *навч. посібник Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х. ХНАМГ*. 2011. 392 с.
10. Бойко А.І., Новицький А.В., Банний О.О. Оцінка надійності системи «людина – машина» в умовах зниження рівня її працездатності й удосконаленні складової «людина-оператор». *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2013. Вип.43. част.ІІ. С.32-38.
11. А. Boyko, O. Bondarenko, K. Dumenko Теоретичні дослідження надійності кукурудозбиральної техніки під час використання резервування. *Motoryzacja i energetyka rolnictwa*. Lublin. 2011.Vol.13A. P.131-138.
12. Бойко А.И., Банний А.А. Стохастическое моделирование работы пневмомеханического высевающего аппарата. *Научный вестник НАУ, серия «Техника и энергетика АПК»*. 2011. Вып.166. ч.1. С.112-118.
13. Бойко А.И., Думенко К.И. Установление функции восстановления подсистем зерноуборочных комбайнов в условиях развития сферы технического обслуживания. *Вестник ЛНАУ. Агроинженерные исследования*. 2010. Т1. №14. С.12-20.
14. Vochkovskiy A. Методологічні основи застосування марковських процесів для оцінювання ризиків в системах «Людина-машина-середовище». *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2018. №18. С. 88-95.
15. Методи експертних оцінок в системах прийняття рішень. *Навчальний посібник О.О. Терентьев, М.М. Делембовський, К.І. Київська, О.І. Серпінська*. К. 2020. 116 с.

References

- [1] <http://w.w.w. agravery.com.uk.posts>. Interview with the Head of the State Labor Inspectorate of Ukraine V. Sazhienka. 12.10.2021 roku. [in Ukrainian].



- [2] Tsurkan O.V. (2021) Systemnyi pidkhid do vyvchennia tekhnolohii pisliazybalnoi obrobky nasinnia harbuza. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. №4(115). 141-147. [in Ukrainian].
- [3] Osnovi ergonomiki. (2011) Brusencov V.G., Brusencov O.V., Bugajchenko I.I., Kisel'ova S.O. *Navch. posibnik. Harkiv: UkrDAZT*. 141 s. [in Ukrainian]
- [4] Abrakitov V. E. Tkachenko I. O. (2017) Ergonomika robochih misc'. *Harkiv. HNUMG im. O. M. Beketova*. 78 s. [in Ukrainian].
- [5] Ohorona praci u sil'skomu gospodarstvi (2017) O. V. Vojnalovich, Є. I. Marchishina, T. O. Bil'ko. *K Centr navchal'noi literaturi*. 691 s. [in Ukrainian].
- [6] Gornostaj O.B. (2013) Rozvitok profesijnih zahvoryuvan' v Ukraïni. *Naukovij visnik NLTU Ukraïni*. Vip. 23.16 S.396-401. [in Ukrainian].
- [7] Mediko-social'ni ta ekonomichni vtrati vid profesijnoi zahvoryuvanosti ta shlyahi ih poperedzhennya (2011) A.M. Nagorna, L.O. Dobrovol's'kij, L.M. Gruzova, L.A. Yankovs'ka, O.I. Kolodyazhna, M.P. Sokolova. *Ukraïns'kij zhurnal z problem medicini praci*. No 4.S. 62. [in Ukrainian].
- [8] Kamins'kij V. F., Lapin V. M., Pihalo G. C. (2018) Analiz i ocinka riziku nebezpek u profesijnij diyal'nosti pracivnikiv na mekhanizovanih procesah u galuzyah zemlerobstva ta roslinnictva . *Visnik agrarnoi nauki*. №12(789) S.59-64. [in Ukrainian].
- [9] Ergonomichne zabezpechennya transportnih procesiv. (2011) *Navch. posibnik* YU. O. Davidich, Є. I. Kush, D. P. Ponkratov; *Hark. nac. akad. mis'k. gosp-va. H. HNAMEG*. 392 s. [in Ukrainian].
- [10] Boiko A.I., Novytskyi A.V., Bannyi O.O. (2013). Otsinka nadiinosti systemy «liudyna – mashyna» v umovakh znyzhennia rivnia yii pratsezdatsnosti y udoskonalenni skladovoi «liudyna-operator». *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn*. Vyp.43. chast.II. 32-38. [in Ukrainian].
- [11] A. Boyko, O. Bondarenko, K. Dumenko (2011). Teoretycheskye yssledovanyia nadezhnomy kukuruzoborochnoi tekhniky pry yspolzovanny rezervyrovanyia. *Motoryzacia i enerhetyka rolnictva. Lublin*. Vol.13A. 131-138. [in Polish].
- [12] Bojko A.I., Bannyj A.A. (2011). Stokhasticheskoe modelirovanie raboty pnevmomekhanicheskogo vysevyayushchego apparata. *Nauchnyj vestnik NAU, seriya «Tekhnika i ehnergetika APK»*. 2011. Vyp.166. ch.1. 112-118. [in Ukrainian].
- [13] Bojko A.I., Dumenko K.I. Ustanovlenie funkcii vosstanovleniya podsistem zernoborochnykh kombajnov v usloviyakh razvitiya sfery tekhnicheskogo obsluzhivaniya. *Vestnik LNAU. Agroinzhenernye issledovaniya*. 2010. T1. №14. 12-20. [in Ukrainian].
- [14] Bochkovskiy A. (2018). Metodolohichni osnovy zastosuvannia markovskyykh protsesiv dlia otsiniuvannia ryzykiv v systemakh. «*Liudyna-mashyna-seredovyshe*». *Visnyk Lvivskoho derzhavnoho universytetu bezpeky zhyttiediialnosti*. №18. 88-95. [in Ukrainian].
- [15] Metodi ekspertnih ocinok v sistemah priinyattya rishen'.(2020) *Navchal'nij posibnik* O.O. Terent'ev, M.M. Delembovs'kij, K.I. Kiivs'ka, O.I. Serpins'ka. K. 116 s. [in Ukrainian].

ERGONOMIC ASPECTS OF LABOR PROTECTION IN AGRICULTURE

One of the reasons for the high level of occupational injuries and diseases in Ukraine is the lack of attention to compliance with ergonomic requirements for facilities and working conditions. Ergonomics is an element of a complex system of "labor protection" which is connected by intra-system connections with other elements of this system. In turn, ergonomics is a system for a number of relevant elements, the main of which are man and means of labor. The main task of labor protection (and, of course, ergonomics) is to ensure healthy and safe working conditions that minimize cases of occupational injuries and diseases. Research of human-machine systems is conducted in many directions with the use of modern methods. But we must also recognize that there are still many problems in this area of human life. This is eloquently evidenced by the statistics of occupational injuries (including fatal) in agriculture of Ukraine.

The aim of the research is to reduce the number of occupational injuries and occupational diseases of agricultural workers by studying the ergonomic principles of the human-machine system, identifying its basic elements, relationships, possible reactions to external and internal disturbances and developing adequate solutions to reduce possible risks to the life and health of workers.

The relationship between man and machine is one of the many types of relationships that work. There are four types of such dependencies: "man-machine", "man-man", "machine-machine", "operation-operation". In ergonomic research, it is often important to determine how a worker uses the controls in his workplace - how often he uses each of these organs and, most importantly, in what sequence.



In order to facilitate the solution of this problem, the concept of "communication" is introduced. Information about the obtained connections is summarized with the help of special matrices.

In addition to the interaction of man and machine in agriculture, it is necessary to take into account the specifics of the material environment and external conditions in the workplace.

The analysis of the "man-machine" system should include not only technical aspects, but also take into account the specifics of the material environment and external conditions in the workplace, as well as organizational aspects that are revealed only in dynamic analysis of the system.

Key words: ergonomics, working conditions, means of work, system, worker, machine, labor process, occupational diseases.

Table. 2. Pic. 1. Ref. 15.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Спірін Анатолій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент викладач відокремленого структурного підрозділу «Ладизинський фаховий коледж Вінницького національного аграрного університету», e-mail: spirinanatoly16@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4642-6205>).

Твердохліб Ігор Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету: м. Вінниця, вул. Сонячна 3, ВНАУ, 21008, e-mail: igor_tverdokhlib@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0003-1350-3232>).

Борисюк Дмитро Вікторович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автомобілів татранспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету (21021, м. Вінниця, вул. Воїнів-Інтернаціоналістів, 7, ауд. 3222, e-mail: bddv@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-8572-6959>).

Цуркан Олег Васильович – доктор технічних наук, доцент, директор відокремленого структурного підрозділу «Ладизинський фаховий коледж Вінницького національного аграрного університету» (вул. Кравчика Петра, 5, м. Ладизин, Вінницька обл., Україна, 24321, e-mail: tsurkan_ov76@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7218-0026>).

Anatoly Spirin – candidate of technical sciences, associate professor, teacher of Separate structural subdivision «Ladyzhyn vocational college of Vinnytsia National Agrarian University» (Kravchik Petro St., 5, Ladyzhyn, Vinnytsia Region, Ukraine, 24321, e-mail: spirinanatoly16@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4642-6205>).

Igor Tverdokhlib – candidate of technical sciences, associate professor of the department of general technical disciplines and occupational safety, Vinnytsia National Agrarian University: Vinnytsia, st. Sonyachna 3, VNAU, 21008, e-mail: igor_tverdokhlib@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0003-1350-3232>).

Dmytro Borysiuk – Candidate of Technical Sciences (Ph.D in Eng.), Senior Lecturer of the department of automobiles and transport management of Vinnytsia National Technical University (21021, Vinnytsia, Voinov-Internationalistov st., 7, room 3222, e-mail: bddv@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-8572-6959>).

Oleh Tsurkan – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Director of Separate structural subdivision «Ladyzhyn vocational college of Vinnytsia National Agrarian University» (Kravchik Petro St., 5, Ladyzhyn, Vinnytsia Region, Ukraine, 24321, e-mail: tsurkan_ov76@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7218-0026>).